

UNIVERZITA KARLOVA

Přírodovědecká fakulta

Katedra aplikované geoinformatiky a kartografie

Studijní program: Geografie (navazující magisterské studium)

Studijní obor: Kartografie a geoinformatika



Bc. Karolína FENCLOVÁ

**PROSTOROVÁ ANALÝZA PRO ÚČELY
OPTIMALIZACE ZADÁNÍ STUDENTSKÝCH PRACÍ
Z KARTOGRAFIE**

**SPATIAL ANALYSIS FOR OPTIMIZATION OF STUDENT
ASSIGNMENTS IN CARTOGRAPHY**

Diplomová práce

Vedoucí diplomové práce: RNDr. Jakub Lysák

Praha 2018

Zde vložit zadání

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem závěrečnou práci zpracovala samostatně a že jsem uvedla všechny použité informační zdroje a literaturu. Tato práce ani její podstatná část nebyla předložena k získání jiného nebo stejného akademického titulu.

V Praze dne 26. 7. 2018

.....

Bc. Karolína Fenclová

Poděkování

Na tomto místě bych ráda poděkovala především vedoucímu své diplomové práce RNDr. Jakubu Lysákovi za ochotný a trpělivý přístup, za čas věnovaný konzultacím, a za cenné rady, které mi věnoval. Velké poděkování pak patří mým rodičům, kteří mi byli oporou v průběhu celého studia a díky jejichž morální i materiální podpoře jsem práci dokončila.

Prostorová analýza pro účely optimalizace zadání studentských prací z kartografie

Abstrakt

Cílem diplomové práce bylo provedení multikriteriální analýzy nad rozsáhlými prostorovými daty, jejímž výsledkem byla identifikace předem daného počtu variant území, která jsou optimální z hlediska zpracování studentských úkolů. To spočívalo v navržení a vypočtení hodnotících kritérií.

V teoretické části je stručně představena teorie multikriteriální analýzy a příklady jejího využití obecně v geoinformatice a při hodnocení krajinného potenciálu. Stěžejní část práce je věnována navržení vlastní metodiky na hodnocení území z hlediska vhodnosti pro zpracování studentských úkolů, včetně její aplikace nad územím Česka za účelem získání informací o území. K vyhodnocení vhodnosti území byla použita multikriteriální analýza rozdělená na dva kroky: předvýběr území na základě booleovského hodnocení a následně seřazení variant od nejvhodnější po tu nejméně vhodnou s využitím metody TOPSIS. Váhy jednotlivých kritérií byly stanoveny bodovací metodou. Hlavním výsledkem práce je nový soubor variant území, která jsou svojí náročností pro zpracování srovnatelná.

Klíčová slova

Prostorová analýza, kartografie, GIS, studentské úkoly, multikriteriální analýza, TOPSIS

Spatial analysis for optimization of student assignments in cartography

Abstract

The aim of the diploma thesis is to perform a multi-criteria analysis of large spatial data, which will result in the identification of a predetermined number of the variants of the territory, which are optimal for creating the student assignments.

The main part of the thesis is to design and to calculate the spatial evaluation criteria. In the theoretical part, a theory of multi-criteria analysis and examples of its use in general in geoinformatics and assessment of landscape potential are presented. The practical part is devoted to the design of own methodology for assessment of the territory from the point of view of suitability for processing of student tasks, including its application over the territory of the Czechia in order to obtain information about the territory. Multi-criteria analysis was divided into two steps: pre-selection of the territory based on Boolean evaluation and subsequent sorting of the variants from the most suitable to the least appropriate using the TOPSIS method. The scales of the individual criteria were determined by the scoring method. The main result of the thesis is a new set of the variants of the territory, which are comparable with their processing demands.

Keywords

Spatial analysis, cartography, GIS, student assignments, multicriteria decision analysis, TOPSIS

OBSAH

PŘEHLED POUŽITÝCH ZKRATEK	8
SEZNAM OBRÁZKŮ A TABULEK	9
1 Úvod a cíle práce	11
2 Multikriteriální analýza a hodnocení krajiny	13
2.1 Proces rozhodování	13
2.2 Multikriteriální hodnocení variant	13
2.2.1 Standardizace kritérií	15
2.2.2 Metody pro stanovení vah kritérií	15
2.2.3 Metody výběru kompromisních variant	18
2.3 Hodnocení krajinného potenciálu	21
2.4 Prostorová analýza v GIS.....	23
2.4.1 Síťová analýza.....	23
2.4.2 Analýza terénu	25
2.4.3 Hydrologická analýza.....	25
3 Hodnocení vhodnosti území pro vypracování studentských prací	29
3.1 Vymezení pojmů a přesné zadání studentských prací.....	29
3.1.1 Mapa hypsometrie	30
3.1.2 Mapa povodí.....	31
3.1.3 Mapa generalizace.....	32
3.2 Rozbor současného souboru zadání	32
3.3 Data a použitý software.....	36
3.3.1 Data	36
3.3.2 Použitý software.....	39

3.4	Aplikace metod a řešení zadaného úkolu.....	40
3.4.1	Definice problému.....	40
3.4.2	Tvorba variant k hodnocení	40
3.4.3	Stanovení kritérií pro rozhodování.....	41
3.4.4	Získání potřebných informací o území.....	42
3.4.5	Předvýběr území na základě limitujících podmínek	48
3.4.6	Ohodnocení jednotlivých variant řešení.....	50
3.4.7	Výběr optimálního řešení.....	52
3.4.8	Tvorba nových zadání a podkladů k hodnocení úkolů.....	52
3.5	Způsob ohodnocení dosažených výsledků	53
4	Výsledky	55
4.1	Vliv hodnotících kritérií na výsledné pořadí variant.....	56
4.2	Porovnání současného souboru zadání s nově vybranými variantami	58
4.3	Porovnání navržené metodiky s ruční tvorbou studentů	59
5	Diskuze	62
6	Závěr	66
	POUŽITÁ LITERATURA.....	67
	SEZNAM PŘÍLOH.....	71

PŘEHLED POUŽITÝCH ZKRATEK

AHP	Analytický hierarchický proces
CSV	Comma-separated Values
DIBAVOD	Digitální báze vodohospodářských dat
DMR	Digitální model reliéfu
DMÚ 25	Digitální model území v měřítku 1 : 25 000
GIS	Geografický informační systém
INSPIRE	Infrastructure for Spatial Information in Europe
Obr.	Obrázek
RETM	Rastrové ekvivalenty topografických map
TIN	Triangulated Irregular Network
TM 25	Vojenské topografické mapy měřítka 1 : 25 000
TOPSIS	Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution
UK	Univerzita Karlova
UTM	Universal Transversal Mercator
VGHÚŘ	Vojenský geografický a hydrometeorologický úřad
VÚGTK	Výzkumný ústav geodetický, topografický a kartografický, v.v.i.
VÚV TGM	Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, v.v.i.
WGS-84	Světový geodetický referenční systém 1984
WMS	Webová mapová služba
ZABAGED	Základní báze geografických dat České republiky
ZIV	Základní interval vrstevnic

SEZNAM OBRÁZKŮ A TABULEK

Obr. 1: Metody kvantifikace preferencí mezi kritérii a jejich výstupy.	16
Obr. 2: Metody kvantifikace preferencí mezi variantami.	19
Obr. 3: Výpočet územního potenciálu.	22
Obr. 4: Prvky sítě (network) – hrana (edge) a vrchol (junction).	24
Obr. 5: Příklady sítí a modelů pro reprezentaci v GIS.	24
Obr. 6: DMR a z něho spočtený rastr směru odtoku z buňky.	27
Obr. 7: Rastr směru odtoku z buňky a něho vypočtený rastr akumulace vody.	27
Obr. 8: Absolutní řádovost vodních toků.	28
Obr. 9: Pojmy používané při tvorbě mapy hypsometrie.	30
Obr. 10: Metoda lineární interpolace se zohledněním průběhu vodního toku.	31
Obr. 11: Ukázka rozdílně zaplněných map hypsometrie při ZIV = 10 m (zmenšeno).	33
Obr. 12: Stanovení ideálního počtu linií v dílčím čtverci.	34
Obr. 13: Ukázka rozdílně náročných map povodí (zmenšeno).	34
Obr. 14: Ukázka rozdílných výstupů u map generalizace (zmenšeno).	35
Obr. 15: Řádovost povodí dle DIBAVOD.	37
Obr. 16: Postup nahrazení vodní plochy středovou linií.	38
Obr. 17: Postup výběru vodních toků DIBAVOD.	39
Obr. 18: Postup řešení zadaného úkolu.	40
Obr. 19: Problém výběru hlavního vodního toku.	43
Obr. 20: Schéma výběru hlavního vodního toku.	44
Obr. 21: Odstranění středového bodu v blízkosti průsečíků s řekou.	45
Obr. 22: Vrstevnice vzniklé lineární interpolací (ZIV 20, 10 a 5 m).	45
Obr. 23: Vymezení povodí před a po zkrácení vodních toků o koncový bod.	47
Obr. 24: Výstup funkce tvorba povodí. Detail území.	47
Tabulka 1: Kritéria pro předvýběr území na základě limitujících podmínek.	49
Obr. 25: Hodnotící kritéria ve vztahu k hodnoceným mapám.	51
Obr. 26: Geodatabáze s podklady pro hodnocení.	53
Obr. 27: Rozmístění vstupních a výsledných variant v území.	55
Obr. 28: Grafické znázornění výsledných variant v závislosti na délce vrstevnic DMÚ 25 a výsledku lineární interpolace.	56

Obr. 29: Výsledek skriptu lineární interpolace – zaplněnost území.	57
Obr. 30: Grafické znázornění výsledných variant v závislosti na počtu vymezených povodí a výsledku lineární interpolace.	58
Obr. 31: Rozmístění nově vybraných a stávajících variant v území.	59
Tabulka 2: Počty vrstevnic v porovnávaných mapách.	60
Obr. 32: Porovnání výsledků lineární interpolace.	60
Tabulka 3: Počty povodí a řádovost vodních toků v porovnávaných mapách.	61
Obr. 33: Další možný přístup k výběru hlavního vodního toku.	64

1 Úvod a cíle práce

Předkládaná diplomová práce se zabývá hodnocením území, znázorněného na topografické mapě. Hodnocena byla vhodnost ke zpracování studentských úkolů. Záměrem práce bylo vytvoření nového souboru zadání, která se každý rok zadávají studentům prvním ročníku předmětu Kartografie na Přírodovědecká fakultě UK a která budou srovnatelná svojí náročností.

Každý student dostane na začátku semestru přidělené území, se kterým v průběhu semestru dále pracuje. Nejprve se z mapy naučí číst informace, analyzovat je a na základě nich poté vytvořit mapy nové. Nad přiděleným zadáním zpracovávají studenti mapu hypsometrie, mapu povodí a mapu generalizace. Současný soubor zadání byl vybrán v roce 2012 na základě jednoduché prostorové analýzy a vyskytují se v něm určité nedostatky, které jsou v práci detailně rozebrány. Především časová náročnost tvorby map nad některými variantami zadání je velmi rozdílná. Právě čas studenta potřebný k vyhotovení úkolu může ovlivnit jeho motivaci k tvorbě dalších map a případně také k pokračování v dalším studiu. Proto je zajištění vyrovnanější obtížnosti, a především vyřazení nevhodných území, velmi důležité. Eliminuje se tak možná demotivace studentů způsobená komplikacemi při tvorbě některé ze zadávaných map. Srovnatelná náročnost zadávaných úkolů, která přímo souvisí s časem potřebným na jejich tvorbu, je jedním z předpokladů toho, že se student necítí znevýhodněn již na začátku studia. Motivací pro tvorbu práce byl především pocit, že výsledek pozitivně ovlivní budoucí studenty a jejich zájem o obor.

Hlavním cílem diplomové práce tak bylo provést multikriteriální analýzu nad rozsáhlými prostorovými daty, jejímž výsledkem byla identifikace předem daného počtu území, která jsou optimální¹ z hlediska zpracování studentských úkolů. Varianty byly vybrány na základě přesné definice požadavků na území. Dílčími cíli práce byla formulace stávajících úkolů jako úloh prostorové analýzy v GIS, formalizace vágně zadáných pravidel popisující vhodnost území pro daný úkol do formálního jazyka a provedení prostorové analýzy nad rozsáhlými daty s využitím skriptů v programovacím jazyce

¹Optimální = nejlépe vyhovující. Optimalizace = proces výběru nejlepší varianty z množství možných jevů.

Python. V širším kontextu zapadá práce do oblasti hodnocení krajiny s využitím geografického informačního systému.

Při hodnocení krajiny se určuje krajinný potenciál, který udává vhodnost územní jednotky pro konkrétní funkci a schopnost krajiny poskytovat určité množství možností pro různé využití (Šťastný, 2013). Stanovování krajinného potenciálu je vždy procesem multikriteriálního hodnocení, jehož předmětem jsou relevantní vlastnosti území. Tato práce vychází z principů hodnocení krajinného potenciálu, ale pro hodnocení území byla zvolena vlastní, velmi specifická, kritéria. Z pohledu geoinformatiky je zajímavý například problém hledání vodního toku, který prochází celým územím a dělí jeho rozlohu přibližně na poloviny. A představuje jedno z hodnotících kritérií při určování vhodnosti území pro tvorbu mapy hypsometrie.

Právě navržení a vypočtení hodnotících kritérií bylo stěžejní částí předkládané diplomové práce. Díky velkému počtu rozdílných kritérií bylo vhodné využít multikriteriální analýzu. Určení výsledného pořadí bylo provedeno metodami multikriteriálního hodnocení variant, konkrétně metodou TOPSIS.

Práce je členěna do kapitol. Nejprve jsou v teoretické části představeny tři hlavní oblasti – multikriteriální hodnocení, hodnocení krajinného potenciálu a prostorové analýzy. Obě části jsou nezbytné pro pochopení celé práce. V nejrozsáhlejší kapitole 3 je navržena a detailně popsána metodika práce, tedy hodnocení vhodnosti území pro vypracování studentských prací. Výsledky práce jsou shrnuty v kapitole 4 a následně je celá práce diskutována.

2 Multikriteriální analýza a hodnocení krajiny

Tato kapitola je teoretickým úvodem do celé problematiky hodnocení území. Jednotlivé části jsou výběrem z rozsáhlé teorie a jelikož se může zdát, že spolu zdánlivě nesouvisí, jsou nezbytné pro pochopení dalších kapitol a celého konceptu diplomové práce.

2.1 Proces rozhodování

Teorie procesu rozhodování se zabývá problémem, jak na základě existujících alternativ dospět k optimalizovanému rozhodnutí. Kvalita rozhodovacích procesů je ovlivněna stanovením cíle, množstvím a kvalitou informací a využitými nástroji na podporu rozhodování. Proces rozhodování lze rozdělit na několik stádií: definování problému, získávání potřebných informací, ohodnocení přístupných variant řešení a výběr optimálního řešení při porovnávání hodnocených variant (Pechanec, 2006). Detailnější dělení uvádí Fotr, Dědina, Hrůzová (2003): identifikace rozhodovacích problémů, analýza a formulace rozhodovacích problémů, stanovení kritérií hodnocení, tvorba variant, stanovení důsledků variant hodnocení, hodnocení důsledků – preferenční uspořádání variant, realizace zvolené varianty a kontrola výsledků.

K zajištění rychlejšího a efektivnějšího prostorového rozhodování je vhodné využít geografický informační systém (GIS), který je často charakterizován jako nástroj pro podporu prostorového rozhodování. GIS je primární prostředek pro ukládání a přístup k datům a analýze dat, ze kterých má být získána informace pro rozhodování. Technicky orientovaný přístup GIS ale často ignoruje samotné řešení problému, protože má limitované možnosti pro ukládání a analýzu dat založenou na preferencích (Malczewski, 2010).

2.2 Multikriteriální hodnocení variant

Nalezení optimálního kompromisu není snadné. Multikriteriální analýza poskytuje široké spektrum metod pro strukturování rozhodnutí, návrhu, hodnocení a upřednostňování alternativ (Malczewski, 2010). Úloha, ve které vystupuje více kritérií, se nazývá úlohou multikriteriálního či vícekritériálního rozhodování potažmo hodnocení (Burian, 2014).

Cílem této kapitoly není detailně popsat všechny metody multikriteriálního rozhodování. Jedná se o metody často využívané v ekonomice, viz publikace Modely pro vícekritériální rozhodování (Brožová, Houška, Šubrt, 2003). Vhodně jsou metody popsány například v práci Hany Doubravové (2009) či Jitky Žemličkové (2012). Srovnáním rozhodovacích strategií v GIS se zabývala Ivana Ručková (2011).

Předkládaná diplomová práce se omezí na vícekritériální rozhodování za jistoty. Protože známe vnější prostředí (podkladová data), nehrozí žádné riziko negativního dopadu na vybrané řešení. Při rozhodování za jistoty se postupuje tímto způsobem: tvorba variant, stanovení kritérií rozhodování a jejich vah, hodnocení jednotlivých variant, určení výsledné varianty.

Konečná množina m variant je hodnocena podle n kritérií. **Varianty**, tj. alternativy rozhodnutí, jsou konkrétní rozhodovací možnosti, předmět vlastního rozhodování. Přípustná varianta je varianta, která je realizovatelná a která není logickým nesmyslem (Brožová a kol., 2003). **Kritérium** je hledisko hodnocení variant. Kritéria dělíme podle povahy na **maximalizační**, kdy je nejlepší hodnotou hodnota nejvyšší, či **minimalizační**.

Má-li být kritérium kvantifikováno, můžeme údaje uspořádat do **kritériální matice** Y , tzn. matice hodnot atributů variant, kde prvek y_{ij} vyjadřuje hodnocení i -té varianty podle j -tého kritéria (Brožová a kol., 2003). Sloupce odpovídají kritériím a řádky hodnoceným variantám:

$$Y = \begin{matrix} & f_1 & f_2 & \dots & f_n \\ \begin{matrix} a_1 \\ a_2 \\ \vdots \\ a_m \end{matrix} & \begin{pmatrix} y_{11} & y_{12} & \dots & y_{1n} \\ y_{21} & y_{22} & \dots & y_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ y_{m1} & y_{m2} & \dots & y_{mn} \end{pmatrix} \end{matrix}$$

Cílem je najít variantu, která je podle všech kritérií celkově hodnocena nejlépe, uspořádat množinu variant od nejlepší po nejhorší nebo vyloučit neefektivní varianty (Brožová a kol., 2003). Multikriteriálního hodnocení je využíváno například při hodnocení potenciálu krajiny (Burian, 2014). GIS hraje při prostorové analýze důležitou roli. Aby byl užitečný pro prostorové rozhodování, měl by poskytnout možnosti statistické a matematické manipulace s daty, založené na teoretických modelech. Tyto možnosti jsou označovány jako rozšířené funkce GIS (Malczewski, 2010). Podle Malczewského (2015) je synergie GIS a multikriteriální analýzy velmi výhodná a vidí výhodu v dalším teoretickém a aplikovaném výzkumu. Výjimečnost je totiž v širší využití a zvyšování schopnosti pro podporu rozhodování. Tyto schopnosti zahrnují strukturování problému,

škálování hodnot, vážení kritérií, kombinování kritérií s rozhodovacími pravidly či provádění citlivostní analýzy.

2.2.1 Standardizace kritérií

Většina procedur multikriteriální analýzy vyžaduje srovnatelnost kritérií. Různé stupnice, na kterých se různá dílčí kritéria měří musejí být převedena na srovnatelné jednotky, aby byla integrovatelná do výsledného hodnocení. Na základě rozsáhlé studie 300 článků týkajících se multikriteriální analýzy uvádí Malczewski (2006), že nejjednodušší a nejčastěji používanou metodou pro transformaci vstupních dat je lineární transformace.

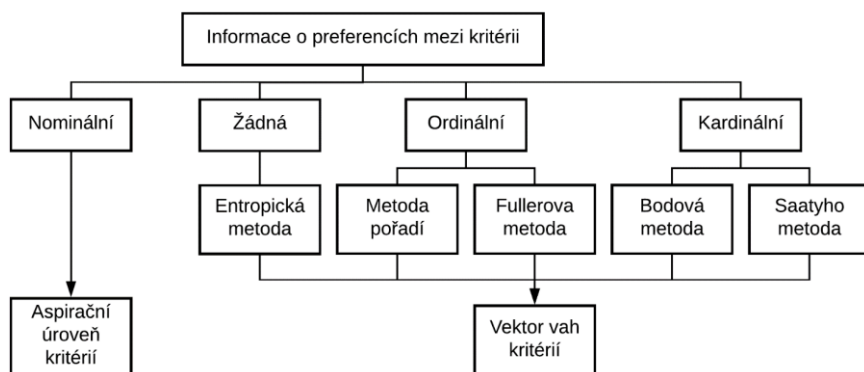
2.2.2 Metody pro stanovení vah kritérií

Preference kritérií udává důležitost kritéria v porovnání s ostatními kritérii. Lze ji vyjádřit stanovením aspirační úrovně kritérií, pořadím kritérií, váhami jednotlivých kritérií či způsobem kompenzace kritériálních hodnot. Uvedené pojmy jsou vysvětleny níže na příkladu výběru zaměstnání, kdy jako kritéria byla stanovena dojezdová vzdálenost do zaměstnání (v km), hrubá měsíční mzda (v Kč), smysluplnost práce (obodováno od 0 do 10) a vztahy na pracovišti (obodováno od 0 do 10).

Aspirační úroveň kritéria je hodnota kritéria, které má být dosaženo. Při výběru zaměstnání může být jednou z aspiračních úrovní vzdálenost místa výkonu práce od místa bydliště, například maximální dojezdová vzdálenost 50 km. **Pořadí kritérií** udává posloupnost kritérií od nejdůležitějšího po nejméně důležité. Není však určeno kolikrát je kritérium důležitější než jiné. Při výběru zaměstnání můžeme kritéria seřadit podle důležitosti takto: smysluplnost práce, hrubá měsíční mzda, vztahy na pracovišti a dojezdová vzdálenost do zaměstnání. **Váha kritéria** je hodnota z intervalu $\{0; 1\}$, která vyjadřuje relativní důležitost tohoto kritéria v porovnání s kritérii ostatními. Součet vah všech kritérií je vždy roven 1. V našem příkladě je pro nás smysluplnost práce nejdůležitější a přiřadíme jí váhu 0,7. Hrubá měsíční mzda je také důležitá, ale ne tolik a bude mít váhu 0,4. Vztahy na pracovišti můžeme ohodnotit vahou 0,2 a dojezdová vzdálenost do zaměstnání bude mít váhu 0,1 – je nejméně důležitá. **Kompenzace kritériálních hodnot** je vyjádřena mírou substituce mezi kritériálními hodnotami. V některých případech je možné špatné kritériální hodnoty varianty podle některých kritérií vyrovnat lepšími hodnotami podle ostatních kritérií (Brožová a kol., 2003).

Podle informací, které o preferencích mezi kritérii máme, dělíme informace na: žádné informace, nominální, ordinální a kardinální. Na Obr. 1 je schematicky znázorněna závislost jednotlivých metod na typu dostupných informací. Podle Brožové a kol. (2003)

jsou nejpoužívanějšími metodami této oblasti metoda bodovací a Saatyho metoda kvantitativního párového porovnávání. Podle Malczewského výzkumu (2006) je při provádění multikriteriální analýzy v GIS nejpoužívanější metodou párové porovnávání kritérií. Nevyžaduje totiž přímé zadávání absolutních hodnot intenzit (váhy kritérií), ale pouze relativních poměrových údajů. Váhy kritérií se poté vypočtou ze vzájemných vztahů všech dvojic kritérií. Tato metoda byla použita ve třetině ze 300 studií, které Malczewski hodnotil se svým výzkumem. Pro tuto práci byly jako vhodné určeny právě metody využívající kardinální informace o preferencích mezi kritérii, kdy je uživatel schopen určit poměr důležitosti mezi všemi dvojicemi kritérií.



Obr. 1: Metody kvantifikace preferencí mezi kritérii a jejich výstupy.
Zdroj: Brožová, Houška, Šubrt (2003), upraveno.

Bodovací metoda

Pokud známe kardinální informaci o preferencích jednotlivých kritérií, můžeme tato kritéria obodovat. Důležitost kritéria je tak vyjádřena určitým počtem bodů v rámci bodovací stupnice. Více kritériím je možné přiřadit stejné body. Při použití stupnice 0 až 10, je nejdůležitější kritérium obodováno 10 body. Transformace bodového ohodnocení do podoby váhového vektoru, pole hodnot obsahující odpovídající váhy, se provede pomocí vzorce:

$$w_j = \frac{b_j}{\sum_{j=1}^n b_j}, j = 1, 2, \dots, n$$

kde w_j je váha j -tého kritéria, b_j je bodové ohodnocení j -tého kritéria a n je počet kritérií. Součet vah všech kritérií je roven jedné.

Metoda kvantitativního párového porovnávání (Saatyho metoda)

Základním principem této metody je určení vzájemného vztahu mezi dvojicí kritérií, bez zadávání absolutních hodnot pro váhy kritérií. Vždy se určí, které kritérium je z porovnávané dvojice důležitější, tj. významnější pro hodnocení. Váhy jednotlivých kritérií se odvodí z informace o velikosti preference, stanovené expertem pro každou

dvojici kritérií. K vyjádření velikosti preference slouží devítibodová stupnice (mezistupně, tj. sudá čísla, lze použít k jemnějšímu rozlišení preferencí):

- 1 – rovnocenná kritéria i a j ,
- 3 – slabě preferované kritérium i před j ,
- 5 – silně preferované kritérium i před j ,
- 7 – velmi silně preferované kritérium i před j ,
- 9 – absolutně preferované kritérium i před j .

Každá dvojice kritérií je porovnávána a velikost preferencí i -tého kritéria vzhledem k j -tému kritériu je zapsána do tzv. Saatyho matice $S = (s_{ij})$:

$$S = \begin{pmatrix} 1 & s_{12} & \cdots & s_{1n} \\ 1/s_{12} & 1 & \cdots & s_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 1/s_{1k} & 1/s_{12} & \cdots & 1 \end{pmatrix}$$

jejíž prvky s_{ij} představují odhady podílů vah kritérií, tj. kolikrát je jedno kritérium významnější než druhé: $s_{ij} \approx \frac{v_i}{v_j}$; $i, j = 1, 2, \dots, n$. Matice je čtvercového řádu $n \times n$ a pro prvky matice platí reciprocita $s_{ij} = \frac{1}{s_{ji}}$. Na diagonále jsou hodnoty vždy rovny jedné.

Před vypočtením vah kritérií je nutné ověřit, zda je zadaná matice párových porovnání konzistentní. Uvažujeme-li ideální matici $V = (v_{ij})$, pro jejíž prvky by platilo $v_{hj} = v_{hi} \times v_{ij}$, pro $h, i, j = 1, 2, \dots, n$, pak by takováto matice byla konzistentní. Prvky matice S většinou nebývají dokonale konzistentní (Brožová a kol, 2003), tj. neplatí $s_{hj} = s_{hi} \times s_{ij}$, pro $h, i, j = 1, 2, \dots, n$. Míra konzistence se měří například indexem konzistence, který Saaty definoval takto:

$$I_s = \frac{l_{\max} - n}{n - 1}$$

kde l_{\max} je největší vlastní číslo matice S a n je počet kritérií. Saatyho matice S je dostatečně konzistentní, jestliže $I_s < 0,1$.

Při stanovování vah můžeme vycházet z podmínky, že matice S by se měla od matice V lišit co nejméně. To by znamenalo minimalizovat součet čtverců odchylek stejnohlých prvků obou matic. Pro jejich výpočet by bylo nutné vyřešit optimalizační model:

$$F = \sum_i \sum_j \left[s_{ij} - \frac{v_i}{v_j} \right]^2 \rightarrow \min$$

za podmínky $\sum_{j=1}^n v_j = 1$ a $v_j \geq 0$, pro $i, j = 1, 2, \dots, n$. Jedná se o model nekonvexního kvadratického programování, což způsobuje výpočetní potíže. Saaty proto navrhl několik početně jednoduchých způsobů, jak spočítat váhy v_j . Podle Brožové (2003) je nejpoužívanějším postupem normalizovaný geometrický průměr řádků Saatyho matice, kdy hodnoty b_i vypočteme jako geometrický průměr řádků Saatyho matice:

$$b_i = \sqrt[n]{\prod_{j=1}^n s_{ij}}$$

váhy se poté vypočtou normalizací hodnot b_i podle vzorce:

$$v_i = \frac{b_i}{\sum_{j=1}^n b_i}.$$

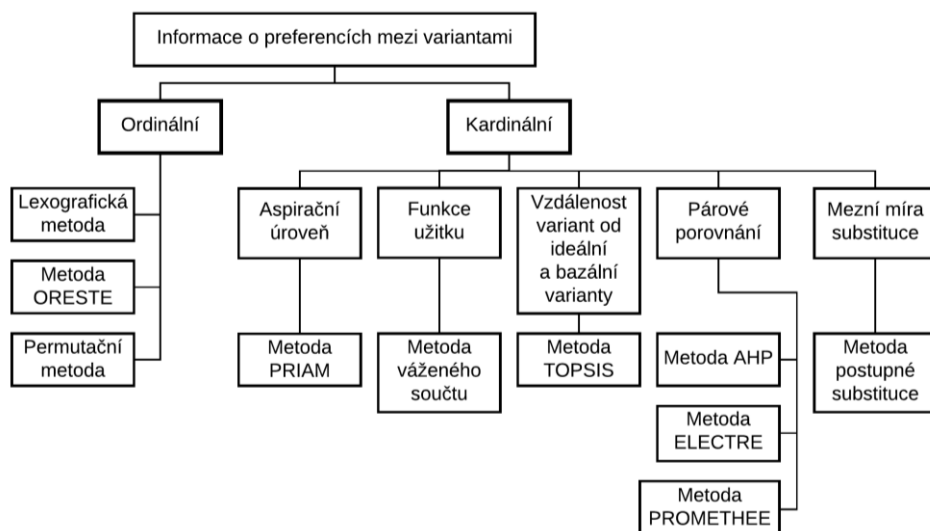
Pokud matice S není konzistentní, tj. při zadávání odhadů poměrů vah neproběhla žádná kontrola expertních odhadů, je nutné matice S překvantifikovat tak, aby splňovala požadavek konzistence, a poté provést nový odhad. Případy, kdy matice S není konzistentní jsou časté u rozsáhlejších úloh.

S metodou párového porovnání pracoval například J.D. Bláha při stanovování vah hodnotících kritérií při kvantifikaci a objektivizaci hodnocení kartografických děl z hlediska estetiky a uživatelské vstřícnosti (2006). Kvalitnější výsledky lze podle něj získat:

- a) porovná-li jedna osoba všechna kritéria vícekrát,
- b) porovná-li více osob všechna kritéria jednou,
- c) porovná-li více osob všechny podněty vícekrát.

2.2.3 Metody výběru kompromisních variant

Metody multikriteriálního hodnocení se dělí do několika skupin podle toho, jaké informace o preferencích mezi variantami máme. Schematicky znázorněno na Obr. 2. Žemličková (2012) ve své práci zmiňuje, že: „výsledek analýzy je závislý především na použité metodě, což je dáno různou povahou metod a různými výpočetními postupy“. Odlišnosti v přístupu jednotlivých metod je možné eliminovat použitím několika různých druhů metod, kdy je jako kompromisní vybrána ta varianta, která byla zvolena za optimální většinou použitých metod. Všechny metody ze schématu na Obr. 2 jsou popsány například v publikaci Brožové a kol. (2003). Z metod, které využívají kardinální informaci o preferencích mezi variantami je níže popsána ta, která pracuje se vzdáleností od ideální a bazální varianty – metoda TOPSIS.



Obr. 2: Metody kvantifikace preferencí mezi variantami.
Zdroj: Brožová, Houška, Šubrt (2003), upraveno.

Metoda TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution)

Metoda TOPSIS, vyvinuta v roce 1981 dvojicí Hwang a Yoon, je jednoduchou metodou k hodnocení variant. Podstata této metody spočívá v nalezení řešení rozhodovacího problému, které je nejbližší **ideální variantě**, tj. variantě, která ve všech kritériích současně dosahuje nejlepších možných hodnot a je charakterizována vektorem nejlepších kritériálních hodnot, a současně nejdále od **bazální varianty**, tj. varianty, která ve všech kritériích dosahuje hodnot nejhorších a je reprezentována vektorem nejhorších kritériálních hodnot. Oba typy variant mohou být reálné i hypotetické. Metoda vyžaduje kardinální hodnocení variant podle jednotlivých kritérií a váhy těchto kritérií.

Postup je následující. Nejprve se vytvoří normalizovaná kritériální matice $R = (r_{ij})$ podle vzorce:

$$r_{ij} = \frac{y_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m y_{ij}^2}},$$

kde $i = 1, 2, \dots, m$; $j = 1, 2, \dots, n$. Sloupce v matici R jsou vektory jednotkové délky. Dále se kritériální matice R převede na normalizovanou váženou kritériální matici $W = (w_{ij})$ tak, že každý sloupec matice R je vynásoben vahou odpovídajícího kritéria podle vztahu:

$$w_{ij} = v_j \times r_{ij}.$$

Ideální varianta h a bazální varianta d se vytvoří pomocí prvků matice W , kde:

$$h_j = \max w_{ij}; j = 1, 2, \dots, n$$

$$d_j = \min w_{ij}; j = 1, 2, \dots, n.$$

Vzdálenost od ideální varianty se vypočte podle vztahu:

$$d_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^k (w_{ij} - h_j)^2}; i = 1, 2, \dots, m$$

a od bazální varianty:

$$d_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^k (w_{ij} - d_j)^2}; i = 1, 2, \dots, m.$$

Relativní ukazatel vzdáleností jednotlivých variant od ideální varianty se vypočte podle vztahu

$$c_i = \frac{d_i^+}{d_i^- + d_i^+}; i = 1, 2, \dots, m.$$

Ideální varianta nabývá hodnotu 0 a bazální hodnotu 1. Varianty jsou uspořádány vzestupně podle hodnot c_i a potřebný počet variant s nejnižšími hodnotami tohoto ukazatele považujeme za řešení problému.

Využití metody TOPSIS

Metodám multikriteriální analýzy, a tedy i metodě TOPSIS, se v posledních letech dostává velké pozornosti od odborníků na hodnocení z různých odvětví. Počet studií, které využívají metodu TOPSIS, se každoročně zvyšuje (Behzadian a kol., 2012). Jedná se především o oblasti řízení dopravy a logistiky, obchodní a marketingové řízení, zdravotnictví, bezpečnost a management životního prostředí, řízení lidských zdrojů, energetický management či management vodních zdrojů.

Řízení životního prostředí je nejnovější oblastí, která začala využívat metodu TOPSIS (Behzadian a kol., 2012). Využita byla při řešení aktuálních témat, jako je například problém s nakládáním s odpady či územní plánování. Výběrem míst pro skládkování v problematice správy odpadu se zabývali Cheng, Chan a Huang (2003, cit. v Behzadian a kol., 2012). Výběr nejlepších alternativ pro řízení úniku ropy při nehodě v Brazílii řešili metodou TOPSIS Krohling a Campanharo (2011, cit. v Behzadian a kol., 2012). Nový postup pro výběr lokality, kde bude provedena studie znečištění ovzduší olovem, navrhl Maliki, Owens a Bruce (2012). Za účelem nalezení nejvhodnější alternativy hodnotili na území Austrálie šest regionů. Pro stanovení vah u sedmi hodnotích kritérií použily metodu párového porovnání a pro určení konečného pořadí použily metodu TOPSIS.

2.3 Hodnocení krajinného potenciálu

GIS je dnes běžně používán k hodnocení krajinného potenciálu. Ten udává vhodnost územní jednotky pro konkrétní funkci a schopnost krajiny poskytovat určité množství možností. Účelovým hodnocením parametrů struktury krajiny lze získat informaci o odstupňované, prostorově diferencované vhodnosti ploch pro konkrétní funkci (Kolejka a Pokorný, 1999, cit. v Šťastný, 2013). Stanovování krajinného potenciálu je vždy procesem multikriteriálního hodnocení, jehož předmětem jsou relevantní vlastnosti území. Jak shrnula ve své práci Janíková (2009): „proces hodnocení musí respektovat určité obecné zásady:

- vždy musí být co nejpřesněji stanoven cíl hodnocení, neboť každé hodnocení je účelové,
- musí být určeno kritérium hodnocení, tj. vybrány parametry krajiny, na něž se bude hodnocení vztahovat,
- musí být stanoveno měřítko hodnocení,
- při víceparametrovém hodnocení je nezbytné určit způsob aglomerace dílčích hodnocení,
- a musí být určen způsob prezentování výsledků.“

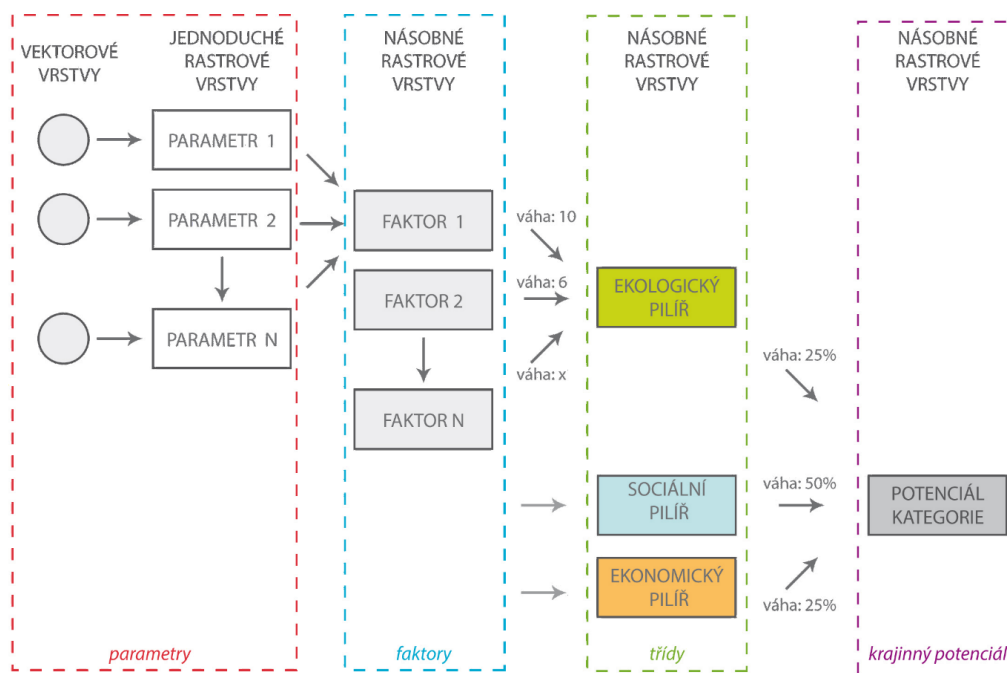
Tato práce hodnotila potenciál území z hlediska vhodnosti k tomu „být zadáním pro zpracování úkolů z Kartografie“. Informace o vhodnosti ploch pro zpracování třech rozdílných úkolů se na základě definice hodnotících kritérií určily provedením dílčích prostorových analýz. Důležitá byla znalost přístupu k samotnému hodnocení krajiny, používané metody a postupy. Čerpáno bylo z několika studií, které se hodnocením krajiny zabývaly.

Urban Planner

Příkladem využití multikriteriální analýzy k hodnocení potenciálu krajiny je Urban Planner – analytická nadstavba programu ArcGIS for Desktop 10.x určená pro vyhodnocení územního potenciálu území a k detekci optimálních ploch vhodných pro územní rozvoj. Extenze byla naprogramována jako součást diplomové práce Šťastného v roce 2009 pod vedením Buriana. Je originálním dílem, které je teoreticky založeno na metodice LUCIS – Land use Conflict Identification Strategy (Zwick a Carr, 2007), metodice LANDEP (Růžicka, 2000), modelu What if! (Klostermann, 1999) a metodice optimálního uspořádání krajiny J. Kolečky. Uvedené metodiky jsou popsány v rigorózní práci Buriana (2011).

Hlavní metodou výpočtu je multikriteriální analýza doplněná o metodu podpory rozhodování AHP. Metodicky je model rozdělen do dvou hlavních částí, a to na výpočet krajinného potenciálu a identifikaci optimálních ploch (Burian, 2014). Jak popisuje Burian (2014), výpočet krajinného potenciálu probíhá podle nastavení hodnot a vah na třech úrovních: třídách (neboli pilířích), faktorech a parametrech. Postup výpočtu je znázorněn na Obr. 3.

Výsledný krajinný potenciál je ovlivněn nastavením vah mezi třemi **pilíři**: ekologickým, sociálním a ekonomickým, kdy váha může nabývat hodnot od 0 do 100. Každý ze třech pilířů se skládá z **faktorů**. Ty lze rozdělit do třech skupin: pozitivní, negativní a limity. Pozitivní jsou přínosem pro krajinný potenciál, negativní naopak potenciál snižují. Limity využití jsou závazné podmínky vyplývající z územního plánování a stanovující nepřekročitelnou hranici. Kombinace faktorů je také řešena pomocí vah. Nejdetailnější úrovní nastavení jsou **parametry**, které lze chápat jako vlastnosti faktorů. Jsou reprezentovány konkrétními jevy a jejich ohodnoceními. Pro váhy faktorů se používá rozmezí vah 0 až 10. Z technického hlediska je celý výpočet krajinného potenciálu v nadstavbě Urban Planner realizován jako vážené překrývání rastrových vrstev.



Obr. 3: Výpočet územního potenciálu.

Zdroj: URBAN PLANNER – Základní informace o softwaru (2018).

2.4 Prostorová analýza v GIS

Předkládaná diplomová práce, jak už název napovídá, se zabýváva prostorovou analýzou. Ta je definována jako proces, který umožňuje prostřednictvím operací, realizovaných nad geografickými daty, získat charakteristiky jimi reprezentovaných jevů (VÚGTK, 2018). Neboli zkoumá prostorová data za účelem získání nové informace. Tvoří základní nástroj GIS, někdy bývá označována jako speciální funkce GIS. Prostorové analýzy mohou být použity k hodnocení, výpočtům, předvídání, interpretaci a porozumění geografické informaci. Umožňují odpovídat na otázky, které by bez GIS prakticky nešly řešit. Ukázaly se být vysoce efektivní pro vyhodnocení geografické vhodnosti určitých lokalit pro konkrétní účely (ESRI, 2018a).

Prostorové analýzy můžeme dělit na: statistické analýzy, mapové překryvy, lokalizační metody, interpolační metody, analýzy vzdálenosti a síťové analýzy. Cílem této práce bylo pomocí prostorových analýz optimalizovat zadání studentských prací z kartografie. Neboli z geografických dat získat nové informace, tj. vypočítat hodnoty předem definovaných hodnotících kritérií, které budou poté vstupovat do multikriteriální analýzy. Pro tuto práci byla využity síťová analýza, analýza terénu a hydrologické analýzy.

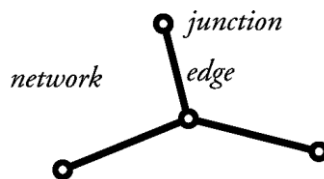
2.4.1 Síťová analýza

Síťová analýza byla v diplomové práci využita k hledání hlavního vodního toku v rámci vytvořené říční sítě. Definice hlavního vodního toku a jeho význam pro ohodnocení vhodnosti území pro tvorbu mapy hypsometrie je popsán v kapitole 3.1.1.

Sítě jsou prakticky všude kolem nás. Definovat je lze jako soubor lineárních prvků, které vytváří strukturu nebo obrazec, po nichž se pohybují zdroje a slouží obvykle k transportu hmoty a energie. Příkladem je silniční síť, železniční síť či říční síť, která byla použita v diplomové práci. Síťová analýza je jednou z nejstarších a nejvýznamnějších oblastí výzkumu v GIS (Curtin, 2007). Základem pro pochopení sítí a topologie je teorie grafů.

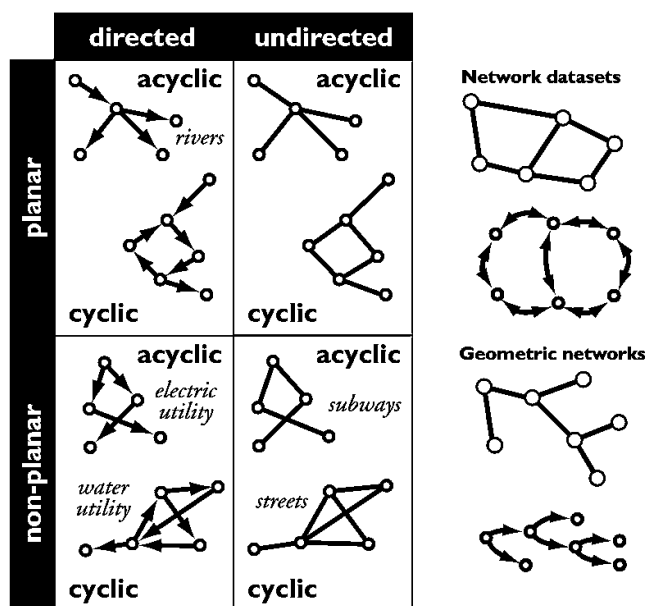
Teorie grafů

Graf je základním objektem teorie grafů. Reprezentuje množiny objektů, u kterých má být znázorněno propojení. Představuje zjednodušený model nějaké skutečné sítě (*ang. network*). Jedná se o množinu tzv. **vrcholů**, **uzlů** či **bodů** (*ang. junctions*) a tzv. **hran** či **spojení** (*ang. edges*). Terminologie zde není jednotná. Výhodou je, že grafy lze znázornit kreslením (viz. Obr. 4). Vrcholy se znázorňují jako body, hrany jako čáry.



Obr. 4: Prvky sítě (network) – hrana (edge) a vrchol (junction).
Zdroj: ESRI (2006).

Hrana vždy spojuje dva vrcholy (ne nutně různé) a je buď **orientovaná** (*ang. directed*), nebo **neorientovaná** (*ang. undirected*). U těch orientovaných rozlišujeme **počáteční** a **koncový bod**, kdy hrana vede z počátečního do koncového bodu. Neorientované hrany tvoří spojení dvou vrcholů a nerozlišuje se, který z vrcholů byl uveden dříve. **Smyčkou** je nazývána hrana, která spojuje vrchol se sebou samým. Graf může být **rovinný** (*ang. planar*), hrany ve dvojrozměrném prostoru se nekříží či **nerovinný** (*ang. non-planar*), hrany se mohou křížit. Graf může být **cyklický** (*ang. cyclic*), kdy tvoří tzv. obvod či **acyklický** (*ang. acyclic*), tzv. stromový graf. Říční síť bez akvaduktů je příkladem orientovaného rovinného acyklického grafu (viz Obr. 5).



Obr. 5: Příklady sítí a modelů pro reprezentaci v GIS.
Zdroj: ESRI (2006), upraveno.

Síťová analýza v GIS

Pro síťovou analýzu se v ArcGIS používá extenze *Network Analyst*. Umožňuje řešit běžné problémy v síti, jako je mimo jiné analýza trasy (*ang. route analysis*), např. nalezení nejkratší cesty mezi dvěma body. Jako trasa je chápána cesta skrz síť. Pro zajištění správných analýz se musí vycházet z topologicky čistých dat.

Při tvorbě sítě v GIS jsou data uložena do geodatabáze. Znalost toho, zda je graf orientovaný či neorientovaný je nejdůležitější vlastností grafu při modelování sítě v GIS. Tyto dva typy grafů jsou uloženy v jiné datové struktuře a mají samostatné třídy algoritmů pro síťovou analýzu. Existují dva základní modely pro reprezentaci sítě – **geometrické sítě** (*ang. geometric network*), určené pro orientované sítě, a **síťové datasety** (*ang. network dataset*), určené pro neorientované sítě.

2.4.2 Analýza terénu

Pro výpočet hodnotících kritérií, které se váží k hodnocení mapy hypsometrie, jejíž přesné zadání je popsáno v kapitole 3.1.1, je nezbytná znalost terénu. Student se z podkladové topografické mapy učí číst výškopis, analyzovat získané informace a poté tvořit novou mapu metodou lineární interpolace. Celý proces je detailněji popsán v další kapitole. Tato část textu je věnována vysvětlení dále používaných pojmů.

V ArcGIS se pro analýzy terénu nejčastěji používá 3D Analyst toolbox. Ten umožňuje vytvářet a analyzovat povrchová data reprezentovaná rasty, nepravidelnou trojúhelníkovou sítí (TIN) a mnoha dalšími formáty.

Digitální model reliéfu (DMR) je digitální reprezentace zemského povrchu v paměti počítače, složená z dat a interpolačního algoritmu, který umožňuje odvozovat výšky mezilehlých bodů (VÚGTK, 2008). Pro práci v softwaru ArcGIS se využívá Raster Interpolation Toolset. Jednou ze specifických interpolačních metod je metoda TopoToRaster, která je určená k interpretaci tzv. hydrologicky korektního DMR a vychází z kombinace metod IDW (Inverse Distance Weighting) a Spline. Do interpolace vstupují kromě výškových bodů i hydrologické vrstvy, tj. vodní toky či vodní plochy, které tak umožní při tvorbě DMR zohlednit polohopisné informace o prostoru.

Trojúhelníková nepravidelná síť (TIN) je specifický datový model, který rozděluje povrch na soubor nepřekrývajících se trojúhelníků souvisle popisujících prostor. Může být vytvořen z kombinace vektorových nebo rastrových prvků. Proces vytváření vychází z tzv. Delaunayho triangulace. Trojúhelníky jsou tvořeny uzly a hranami. Uzly jako výškové body představují koncové body trojúhelníků. Pro práci v ArcGIS se využívá Triangulated Surface toolset, sada nástrojů pro analýzu povrchu.

2.4.3 Hydrologická analýza

Pro ohodnocení území z hlediska vhodnosti pro tvorbu mapy povodí, jejíž přesné zadání je popsáno v kapitole 3.1.2, je nezbytná znalost hydrologických analýz. Do hydrologických analýz území bývají zahrnovány následující: určení směru a akumulace

odtoku, identifikace a vyplnění prohlubní, vymezení povodí a výpočet jejich charakteristik, identifikace závěrových profilů, vykreslení říční sítě či klasifikace říční sítě na řády. V této práci bylo využito analýz vedoucích k vymezení povodí.

Podle Vodního zákona (§ 2 zákona č. 254/2001 Sb.) je „**povodí** území, ze kterého veškerý povrchový odtok odtéká sítí vodních toků a případně i jezer do moře v jediném vyústění, ústí nebo deltě vodního toku. **Dílčí povodí** je území, ze kterého veškerý povrchová odtok odtéká sítí vodních toků do určitého místa vodního toku (obvykle soutok s jiným vodním tokem nebo vyústění vodního toku do jiného vodního útvaru).“ Toto místo, tzv. **závěrový** či **uzávěrový profil**, je nejnižší položené místo na rozvodnici, které vymezuje povodí. V říční síti představuje závěrový profil koncový bod každého vodního toku.

Podle Terminologického slovníku zeměměřictví a katastru nemovitostí (VÚGTK, 2018) tvoří hranici mezi sousedními povodími **rozvodí**, které je důležitým geografickým místem, protože ovlivňuje směr toku řeky. Někdy je však v krajině neznatelné. Rozvodím prochází **rozvodnice**, která se nejčastěji nachází na vrcholech a horských hřebenech – prochází body o největší nadmořské výšce v rozvodí. K vymezení se využívá **hřbetnice**, což je čára styku dvou přilehlých svahů téhož hřebetu, která spojuje relativně nejvyšší body terénního tvaru a ze všech spádnic na ploše hřebetu má nejvyšší sklon (VÚGTK, 2018). Takto vymezené povodí se nazývá **orografické**. V oblastech složitější geologické stavby můžeme vymezovat povodí **hydrogeologické**, kdy podzemní voda odtéká po nepropustném podloží do vedlejšího orografického povodí.

Vymezení povodí použitím hydrologické analýzy v GIS

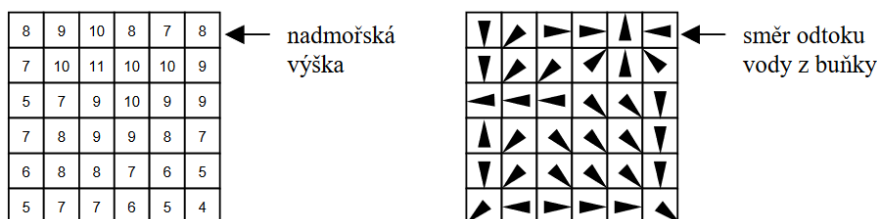
V ArcGIS se pro hydrologické analýzy používá Hydrology toolset, součást Spatial Analyst toolbox. Základními vstupními daty pro hydrologické analýzy jsou data o výškopise a data o říční síti. Rozlišují se dva základní způsoby, podle kterých se provádí hydrologické analýzy:

1. práce pouze s DMR, kdy je rastr vodních toků přímo dopočten během analýzy
2. práce s DMR a vektorově reprezentovanou reálnou říční sítí.

Z geomorfologického hlediska dávají tyto dva způsoby zcela rozdílné výsledky (Jedlička, Mentlík, 2002). V této práci byla k hydrologickým analýzám využita vektorová data reprezentující říční síť, která je znázorněna na podkladové topografické mapě. Proto bude níže popsán pouze druhý způsob provádění analýz.

Nejprve se z dat DMR vypočte **rastr směru odtoku z buňky** (*ang. flow direction*), viz Obr. 6. Směr odtoku je směr, kterým při simulaci povrchového odtoku odtéká voda

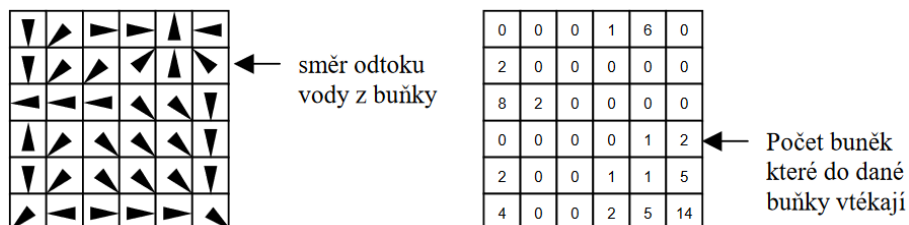
z dané buňky. Postupně se každá buňka porovná se sousedními buňkami a je určeno, která z okolních buněk má nejnižší nadmořskou výšku, tj. největší záporný rozdíl mezi sousední a analyzovanou buňkou. Rozlišujeme **jednosměrný odtok** (*ang. single flow*), kdy voda ze zdrojové buňky proudí vždy do jedné další či **vícesměrný odtok** (*ang. multiflow*), kdy může voda z buňky proudit do více okolních. ArcGIS určuje pouze jednosměrný odtok pomocí algoritmu SFD8 (Single Flow 8-Direction), který v roce 1988 prezentoval Jenson a Domingue (ESRI, 2018b).



Obr. 6: DMR a z něho spočtený rastr směru odtoku z buňky.

Zdroj: (Jedlička, Mentlík, 2002).

V dalším kroku se spočte **rastr akumulace vody** (*ang. flow accumulation*), viz. Obr. 7. Pro každou buňku rastru je spočteno kolik buněk z rastru směru odtoku do ní vtéká. Buňky s maximální hodnotou akumulace vody představují údolnice a buňky, do kterých nevtéká žádná voda reprezentují hřbetnice.



Obr. 7: Rastr směru odtoku z buňky a něho vypočtený rastr akumulace vody.

Zdroj: (Jedlička, Mentlík, 2002).

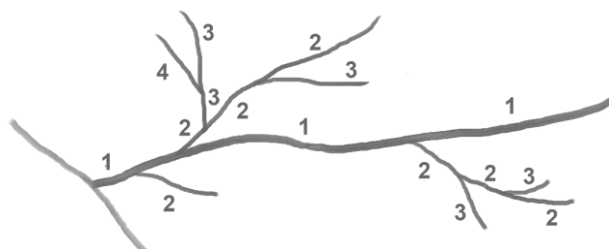
V dalším kroku do výpočtů vstupuje **rastr vodních toků**. Ten je získán převodem z vektorových dat. Poté se nad rastrem směru odtoku z buňky provede analýza příslušnosti buněk k jednotlivým vodním tokům. Výsledný **rastr povodí** (*ang. basin, watershed*) tak představuje seskupení buněk z rastru směru odtoku, z nichž voda odtéká do stejného vodního toku (Jedlička, Mentlík, 2002).

Pro správné vykreslení povodí je velmi důležitá přesná identifikace **závěrového profilu povodí** (*ang. pour point*). Funkce SnapPourPoint, jejímž vstupem je rastr akumulovaného odtoku a bodová či rastrová vrstva reprezentující závěrový profil povodí, nalezne v zadané vzdálenosti buňku s nejvyšší akumulací vody.

V případě výskytu **uzavřených depresí** – **bezodtokých oblastí** (*ang. sink*), tj. buněk u kterých má všech osm sousedních buněk vyšší nadmořskou výšku nebo kde jsou vedle sebe dvě buňky se stejnou nejnižší výškou, je potřeba tyto oblasti pro realizaci směru odtoku a akumulace vody odstranit. Vyplnění bezodtokých oblastí a upravení rastrové vrstvy DMR umožní funkce `Fill`.

Řádovost vodních toků

Řádovost vyjadřuje hierarchii toku v rámci říční sítě. Existuje asi 11 různých klasifikačních řádů vodních toků. Podle způsobu odvození se dělí na absolutní a relativní klasifikace. Ve cvičení z kartografie se pracuje s řádovostí **absolutní**, která udává počet postupných zaústění do moře. Toky ústící do moře se označují jako řeky 1. řádu. Přítoky těchto řek jako toky 2. řádu atd. Systém absolutní řádovosti je přehledný.



Obr. 8: Absolutní řádovost vodních toků.

Číslo udává řád vodního toku = počet postupných zaústění do moře. Zdroj: Autorka

3 Hodnocení vhodnosti území pro vypracování studentských prací

Cílem této kapitoly bylo popsat metodiku předložené diplomové práce, která je detailním návrhem postupu hodnocení vhodnosti území pro vypracování studentských prací. Na ni navazuje praktická část – vlastní realizace hodnocení. Nejprve byly vymezeny pojmy, které vycházejí ze zadání studentských úkolů a jejich znalost je nezbytná pro pochopení navazujících kapitol. V další části byly popsány nedostatky současného souboru map zadávaných studentům, které byly hlavním důvodem pro vznik této práce a na základě kterých byly stanoveny limitní hodnoty některých kritérií. Dále byla stručně charakterizována data, která byla využita pro zpracování prostorových analýz v GIS. Detailně byl popsán způsob řešení problémů s daty vodních toků, který byl způsoben využitím dat z různých zdrojů. Následuje nejrozsáhlejší podkapitola, týkající se aplikace metod a způsobu řešení zadaného úkolu. Na závěr této kapitoly byl popsán způsob ohodnocení dosažených výsledků.

Metodika této práce byla založena na metodách hodnocení krajinného potenciálu, jejichž cílem je určení vhodnosti území k danému účelu a které využívají metod multikriteriální analýzy (Šťastný, 2013). V případě této práce byla hodnocena vhodnost území ke zpracování studentských úkolů. Jako pilíře hodnocení sloužily tři odevzdávané mapy – mapa hypsometrie, mapa povodí a mapa generalizace. Na každou mapu je navázáno několik požadavků na území, tzv. faktorů. Ty analogicky k metodice využitě v programu Urban Planner mohou být pozitivní, negativní či limitní.

3.1 Vymezení pojmů a přesné zadání studentských prací

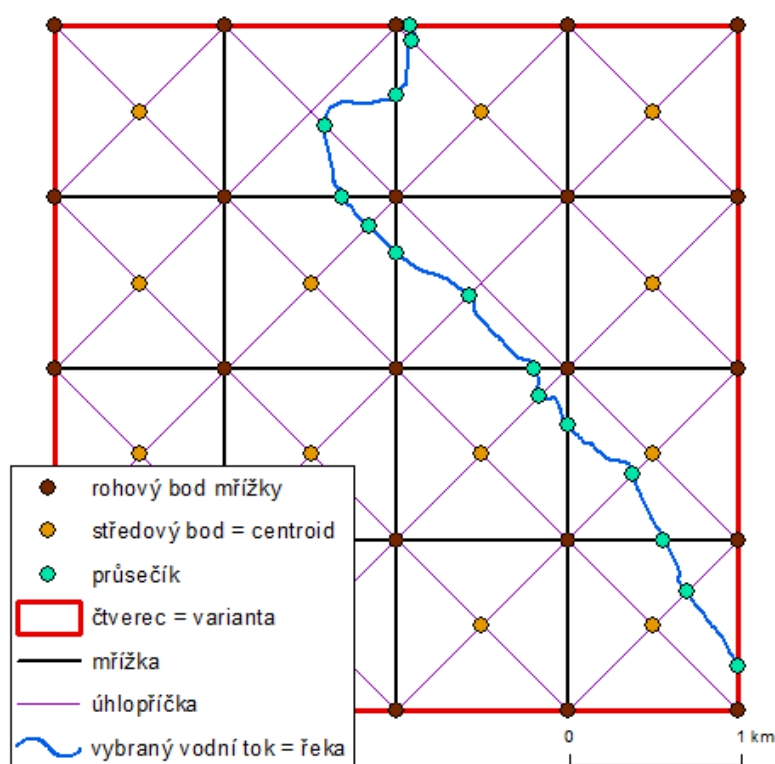
Zdrojem informací pro tuto podkapitole byly prezentace ze cvičení k předmětu Kartografie, vyučovaného na Přírodovědecké fakultě UK v zimním semestru (Lysák, 2016). Formát studentských úkolů byl zaveden prof. Voženílkem a je již řadu let neměnný. Stejným způsobem jsou úkoly zadávány i na katedře geoinformatiky na Univerzitě

Palackého v Olomouci, kde v dnešní době studenti tvoří již jen mapu hypsometrie a mapu generalizace².

Varianta neboli **čtverec**, je území o rozloze 4×4 km, červeně vyznačené v topografické **mapě** v měřítku 1 : 25 000 (TM 25), která je přidělena každému studentovi na začátku semestru. Příklad zadání najde čtenář v Příloha 1. Pro dané území zpracuje student podle pokynů vyučujících mapu hypsometrie, povodí a generalizace.

3.1.1 Mapa hypsometrie

Cílem úkolu je naučit studenty číst výškopis, analyzovat získané informace a z bodových měření následně vytvořit mapu novou, ve které se z bodových měření učí tvořit vrstevnice metodou lineární interpolace. Níže vysvětlené pojmy jsou znázorněny na Obr. 9.



Obr. 9: Pojmy používané při tvorbě mapy hypsometrie.

Zdroj: Autorka. Vypracováno na základě materiálů do výuky (Lysák, 2016).

Kilometrová síť TM 25, podle které jsou tvořeny varianty, představuje tzv. **mřížku**, která tvoří **16 dílčích čtverců** o velikosti 1×1 km. Pro každý dílčí čtverec existují dvě **úhlopříčky**. Tato mřížka s úhlopříčkami tvoří u mapy hypsometrie základ pro kresbu vrstevnic metodou lineární interpolace. Vodorovné a svislé čáry, tvořící mřížku, se

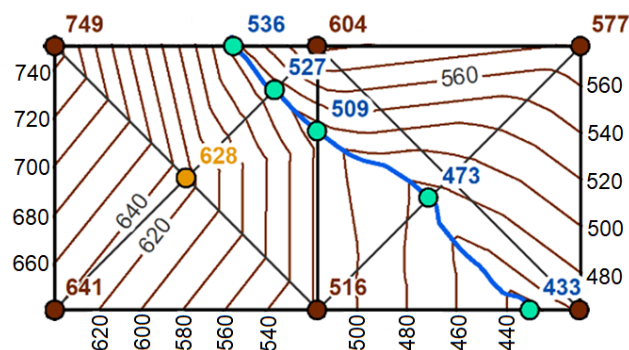
² RNDr. Vondráková. Katedra geoinformatiky Univerzita Palackého v Olomouci, 11. 4. 2018, ústní sdělení.

protínají v 25 průsečících, tzv. **rohových bodech mřížky**, kterým je přiřazena nadmořská výška odpovídající nadmořské výšce odečtené z TM 25 zaokrouhlené na celé metry. Každý dílčí čtverec má **středový bod** tzv. **centroid**, kterému je přiřazena nadmořská výška zaokrouhlená na celé metry, která odpovídá průměru z minimální a maximální hodnoty nadmořské výšky v příslušném dílčím čtverci.

Každá vhodná varianta území má **hlavní vodní tok**, tzv. označenou řeku, což je vodní tok protékající celým územím, který dělí plochu čtverce v ideálním případě na dvě poloviny. Pro tento vodní tok se určují **průsečíky** vodního toku s mřížkou i úhlopříčkami.

Základní interval vrstevnic (ZIV) pro každé území je součástí zadání, je určen předem a může nabývat hodnot 5, 10 a 20 m (nemusí odpovídat podkladové mapě, kde je vždy 5 m). Zdrojovými daty pro interpolaci je 25 rohových bodů, 16 dopočtených středových bodů a X průsečíků řeky s mřížkou. V případě, že se průsečík řeky s mřížkou nachází v okolí středového či rohového bodu, je tento bod z lineární interpolace vypuštěn a nahrazen hodnotou průsečíku. A to z toho důvodu, aby nedocházelo k velkému výškovému rozdílu. Toto okolí bylo pro potřeby práce stanoveno na 0,5 cm v mapě.

Interpolace probíhá ve 2D síti pravidelných trojúhelníků. V případě průsečíku vybraného vodního toku s mřížkou či úhlopříčkou přibude úseček, kde je potřeba interpolovat. Zároveň se interpoluje i po křivce řeky. Ukázka jedné výsledné mapy je v Příloha 2. Detail na Obr. 10.



Obr. 10: Metoda lineární interpolace se zohledněním průběhu vodního toku.
ZIV = 20 m. Zdroj: Autorka.

3.1.2 Mapa povodí

Při zpracování mapy povodí se studenti učí kvantitativně rozlišovat intenzitu jevů, zobrazených v mapě. Jejich úkolem je mimo jiné správně stanovit barevnou stupnici, která vyjadřuje řádovost povodí.

Terminologie, důležitá pro hydrologické analýzy, je popsána v kapitole 2.4.3. Pro účely tohoto úkolu se nerozlišuje rozdíl mezi povodím a dílčím povodím a pracuje se

s orografickým rozvodím. Studenti v zadaném území určí řádovost všech vodních toků, vymezí rozvodnice, které ohraňují jednotlivá povodí a určí jejich řádovost. Z údajů o řádovosti toků mimo jiné vyjde řádovost rozvodnic u těch povodí, která nejsou celá zobrazena v mapě. Důležité je uvědomit si, že i povodí 4. řádu mohou být oddělena rozvodnicí 1. řádu. Na rozhraní více povodí se vždy zobrazí rozvodnice s nižším řádem. Zpracovávají se pouze vodní toky, jejichž úsek je v červeně ohraničeném výřezu mapy delší než 2 cm. U povodí se zpracovávají nejvýše čtyři řády. Případné další řády se ignorují. Přes vodní plochy se linie vodního toku vede středem. V případě soutoku více toků ve větší nádrži se vede linie idealizovaně se zohledněním tvaru nádrže. Ukázka jedné výsledné mapy v Příloha 3.

Vhodné území pro mapu povodí je tedy takové, ve kterém se vyskytuje síť vodních toků různých řádů. Ve cvičení se pracuje s řádovostí absolutní. Systém absolutní řádovosti je přehledný, a proto vhodný pro určování řádu samostatně studentem 1. ročníku.

3.1.3 Mapa generalizace

Při realizaci třetí mapy se studenti učí kartografické generalizaci – systematickému výběru a zjednodušování objektů. Cílem cvičení je na základě mapy 1 : 25 000 vytvořit mapu v měřítku 1 : 50 000, která podá názorný a čitelný obraz skutečnosti a zároveň zůstane zachován charakter zobrazovaného území. Cílem je naučit se používat kartografické vyjadřovací prostředky a tvořit znakový klíč. Dále vybírat objekty a zjednodušovat tvary. Proto je vhodné, aby se v daném území vyskytovalo větší množství různých prvků, jako je zástavba přiměřené rozlohy tvořící intravilán sídel, vodní toky, vodní plochy, železnice, silnice, kótované body, vrstevnice, pomístní názvy a prvky charakteristické pro dané území (minimálně 2 výskyty). Ukázka výsledné mapy generalizace v Příloha 4.

3.2 Rozbor současného souboru zadání

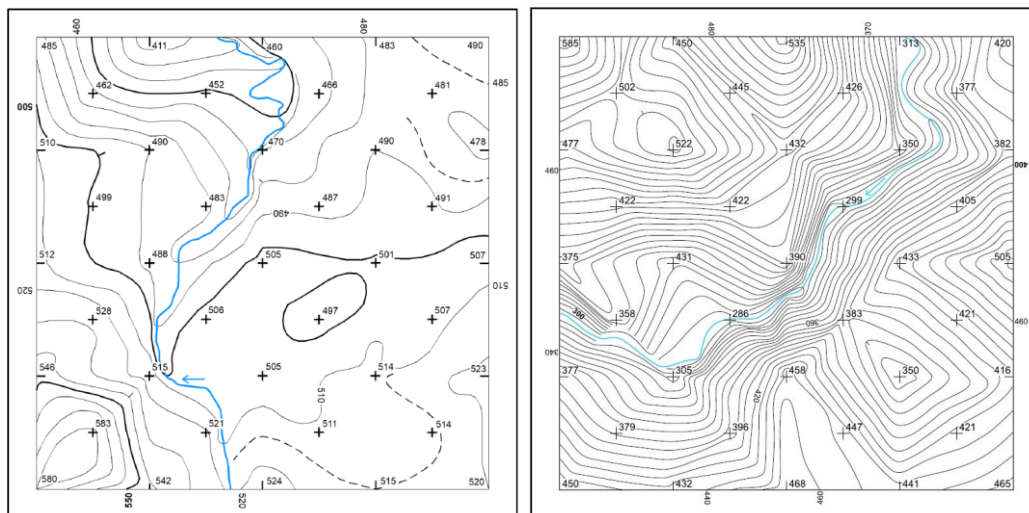
Jak bylo zmíněno v úvodu, hlavní motivací pro vznik této diplomové práce byly určité nedostatky v aktuálně využívaném souboru zadání, který byl vybrán v roce 2012 na základě jednoduché prostorové analýzy bez kvantifikace některých důležitých hodnotících kritérií. GIS analýza zahrnovala pouze přítomnost prvků potřebných pro generalizaci (silnice, železnice, budovy), existenci vodních toků dostatečné délky a počet vrstevnic v podkladové mapě.

Tato kapitola je shrnutím detailního rozboru současně zadávaných map, jež byl proveden za účelem identifikace často se opakujících problémů a nalezení jejich příčin.

Na základě rozboru map a konzultací s vedoucím práce byla stanovena ideální varianta každé mapy, vůči které byly následně všechny varianty hodnoceny.

Mapa hypsometrie

Jak je na první pohled patrné z Obr. 11, z již zmíněných nedostatků v souboru zadání je to především rozdílná zaplněnost vznikajících map. V obou případech byl studentům zadán doporučený ZIV = 10 m. V případě málo zaplněné mapy, kdy je počet linií v 16 dílčích čtvercích pouze 67, by bylo optimální tvořit vrstevnice s intervalem 5 m. V případě přeplněné mapy, kdy je počet linií v 16 dílčích čtvercích 309, by bylo optimální tvořit vrstevnice s intervalem 20 m. V některých případech byl tedy doporučený ZIV určen špatně. Někteří studenti tak musejí měnit „doporučený“ ZIV a mapu z důvodu „málo zaplněného“ či „přeplněného“ území přepracovat. Tím se prodloužil čas potřebný ke zpracování mapy.



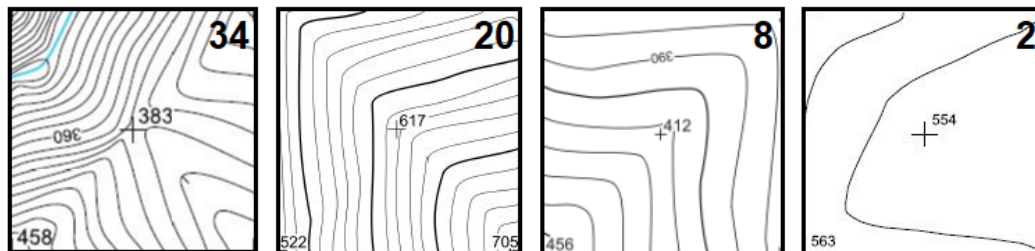
Obr. 11: Ukázka rozdílně zaplněných map hypsometrie při ZIV = 10 m (zmenšeno).

Vlevo – zadání č. 125. Počet linií v 16 čtvercích = 67. Autor: Torgalo Alexandr (2017).

Vpravo – zadání č. 213. Počet linií v 16 čtvercích = 309. Autor: Paulusová Barbora (2017).

Dalším zdrojem problémů je skutečnost, že při výběru současných zadání nebyl v analýze hodnocen vliv vybraného hlavního vodního toku, který ovlivňuje průběh a počet nově vzniklých vrstevnic. Pro ohodnocení území je tedy podstatné vybrat hlavní vodní tok a zahrnout ho do analýzy. Dále vygenerovat vrstevnice ve všech třech intervalech, porovnat zaplněnost území a vybrat optimální ZIV, který bude studentům doporučen. Jako ideální zaplněnost mapy hypsometrie byla na základě rozboru map (Obr. 12) stanovena ta, která má v dílčím čtverci 8 linií, minimálně jednu a maximálně 20 linií. Celkově tedy 128 linií na území. Jako další požadavek na území vyplývá z podstaty úkolu přiměřená délka

vrstevnic v podkladové mapě a minimální přítomnost míst, kde v podkladové mapě chybějí vrstevnice (plochy skalních útvarů a místa povrchové těžby).



Obr. 12: Stanovení ideálního počtu linií v dílčím čtverci.
Počet linií uveden u každého výřezu. Ideální počet je 8 linií. Zdroj: Autorka.

Mapa povodí

Rozdílnou zaplněnost vznikajících map můžeme pozorovat i v případě map povodí. Ze souboru map zpracovávaných v letech 2016 a 2017 byly vybrány dvě ukázky (Obr. 13), které se liší počtem vytvořených povodí. Náročnost území závisí kromě počtu povodí také na řádovosti vodních toků a počtu řádů rozvodnic, které je třeba vymezit a určit u nich řádovost. V odevzdaných úkolech se počet povodí pohyboval od 5 do 24, počet řádů vodních toků od 2 do 4 a počet řádů rozvodnic od 1 do 5.



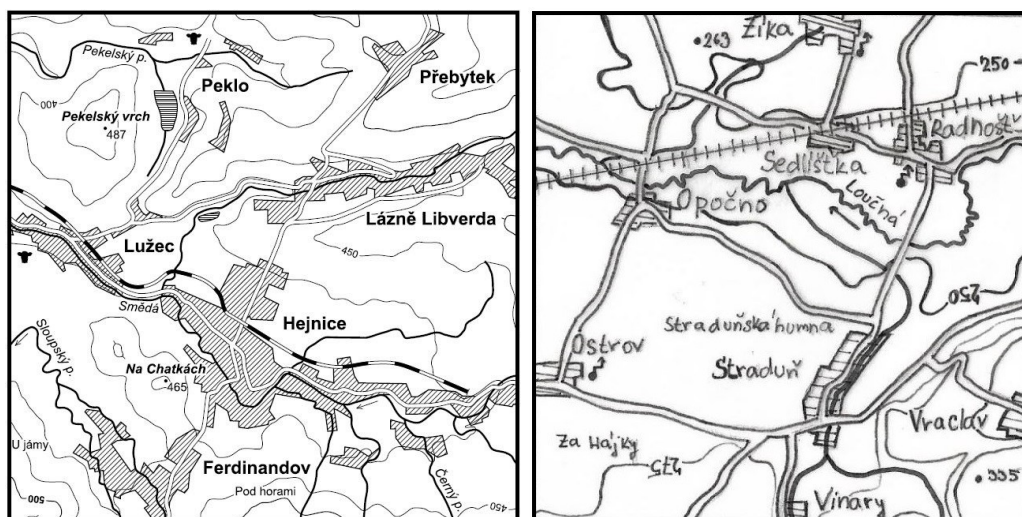
Obr. 13: Ukázka rozdílně náročných map povodí (zmenšeno).
Vlevo – zadání č. 70: 14 povodí (4 řády), 5 řádů rozvodnic. Autor: Nováková Adéla (2016).
Vpravo – zadání č. 216: 6 povodí (4 řády), 2 řády rozvodnic. Autor: Bukovjan Jan (2017).

Jako hypotetická ideální varianta byla určena ta, kde bude 10 až 13 polygonů povodí, 3 řády vodních toků a území bude ležet na významném rozvodí, které bylo pro potřeby diplomové práce definováno rozvodnicí 3. řádu podle DIBAVOD. Aby nedocházelo k tak velkým rozdílům v počtu povodí, bylo doporučeno omezit jejich počet na minimálně 7 a maximálně 20 povodí. Počet řádů vodních toků byl omezen na 2 až 5 řádů a byla nastavena minimální délka řek v území.

Zvýhodněna v hodnocení byla ta území, kterými prochází rozvodnice 1. řádu a v případě shodného pořadí byla lépe ohodnocena ta území, kde je vyšší rozdíl v řádovosti (např. při přítomnosti rozvodnice 1. řádu je vhodnější to území, kterým prochází toky 5. – 7. řádu než toky 2. – 4. řádu. Lépe totiž ověřuje pochopení postupu určování řádovosti rozvodnice). Dále byla zvýhodněna území, kde dochází k tzv. vynechání řádovosti, kdy je v území např. vodní tok 4. řádu a vodní toky 6. a 7. řádu a prochází tudy tedy rozvodnice 5. řádu.

Mapa generalizace

Při rozboru map generalizace nebyly nalezeny žádné zásadní nedostatky. Vždy se vyskytovala zástavba přiměřené rozlohy, silnice a železnice přiměřené délky a v některých případech i vodní plochy, opět přiměřené rozlohy. Podoba výsledných map však rozdílná byla. Na optickou zaplněnost mapy má mnohdy vliv schopnost studenta znázornit v mapě vše podstatné, viz Obr. 14.



Obr. 14: Ukázka rozdílných výstupů u map generalizace (zmenšeno).

Vlevo – zadání č. 215. Autor: Hlavatý Vojtěch (2018).

Vpravo – zadání č. 023. Zpracováno ručně. Autor: Čechová Barbora (2017).

Proto nebylo možné určit ideální variantu jedním číslem, ale bylo nutné vytvořit přípustné intervaly, které představovaly tzv. optimální zaplněnost území. Maximální možná rozloha zástavby a vodních ploch byla stanovena na 2 km² (dva dílčí čtverce). Na základě analýzy zadávaných území byla jako optimální zvolena délka železnice 3 – 8 km, délka silnice 8 – 18 km a rozloha zástavby 0,75 – 1,8 km². Zvýhodněna byla území, kde se vyskytuje vodní nádrž s rozlohou v intervalu 62 500 – 500 000 m², která odpovídá menšímu rybníku až středně rozsáhlé vodní nádrži, tj. polovině dílčího čtverce.

3.3 Data a použitý software

3.3.1 Data

Použitá data v praktické části práce pocházejí ze dvou různých zdrojů – DMÚ 25 a DIBAVOD. Výběr datových zdrojů byl dán podstatou zpracovávaného problému. Tím je hodnocení území, respektive hodnocení vojenské topografické mapy v měřítku 1 : 25 000, která je podkladovou mapou v zadání studentských úkolů.

DMÚ 25 a RETM 25

Hlavním zdrojem dat pro prostorové analýzy byla vektorová databáze DMÚ 25 – Digitální model území zpracovaný v měřítku 1 : 25 000, který vznikl digitalizací topografických map stejného měřítka a je zpracováván Armádou ČR (VGHÚŘ Dobruška). Přesnost a obsahová náplň koresponduje s vojenskými topografickými mapami měřítka 1 : 25 000 označovanými TM 25. Jak uvádí Langer (2001): „struktura databáze je logická, nikoliv však přirozená a jednoduchá“ a například oddělení popisných atributů od geometrické složky činí práci náročnější. Z dat výškopisu byla využita vrstva vrstevnic se základním intervalem 5 m a vrstva reliéfu (plochy skalních útvarů a místa povrchové těžby). Železniční a silniční síť je součástí dat o komunikacích. Data o vodstvu lze rozdělit na vodní plochy a vodní toky, které bohužel netvoří souvislý model říční sítě a jsou pod vodními plochami přerušené. Dále byla využita data zástavby.

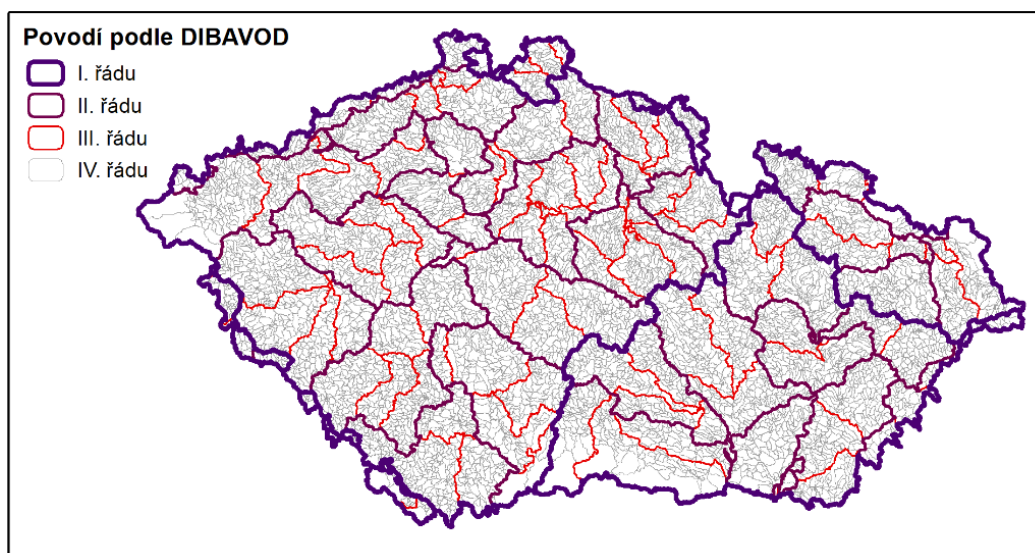
Jako podkladová mapa, pro generování nových zadání, byl využit Rastrový ekvivalent topografické mapy 1 : 25 000 (RETM 25), který je v současné době dostupný přes WMS službu Národního geoportálu INSPIRE (CENIA, 2018).

DIBAVOD

Digitální báze vodohospodářských dat 1 : 10 000 (DIBAVOD) je tematickou vodohospodářskou nadstavbou Základní báze geografických dat České republiky (ZABAGED). Podle informací o produktu (2017) je „DIBAVOD průběžně aktualizovaný a doplňovaný "živý produkt" spravovaný a vyvíjený na Oddělení geografických informačních systémů a kartografie VÚV T.G.M., v.v.i.“. Některé typy objektů jsou ve formátu ESRI shapefile (S-JTSK) poskytovány zdarma. Z dat byla využita vrstva *A02 vodní tok (jemné úseky)* – úsekový model říční sítě, vektorově orientovaný po směru proudění a definovaný počátečním a koncovým bodem (pramen – ústí). Tento výchozí model říční sítě byl však naposledy aktualizován v listopadu 2005 (VÚV TGM 2017). Další využitou vrstvou byla data o hydrologickém členění *A08 povodí 3. řádu*. I přes svoji neaktuálnost byla tato hydrologická data využita, a to z důvodu absence modelu říční sítě

v datech DMÚ 25. Před samotných výpočtem bylo nutné data převést do souřadnicového systému – WGS 84/UTM zone 33N (EPSG: 32633), ve kterém byla poskytnuta data DMÚ 25.

Všechny vodní toky jsou jednoznačně identifikovány dvanáctimístným identifikátorem TOK_ID, který náleží k datovým standardům Hydroekologického informačního systému (HEIS). Rozvodnice tvoří hranici povodí, která jsou v DIBAVOD vymezena do 4. řádu a jednoznačně identifikována devítimístným identifikátorem HLGP_ID (standard HEIS): povodí 1. řádu: Labe, Odra, povodí 2. řádu: Morava, Vltava, Ohře, aj., povodí 3. řádu: Sázava, Berounka, aj. viz Obr. 15. Metodika číslování odpovídá hydrologickému členění České republiky (VÚV TGM, 2006). Z daných kódů nelze zjistit informaci o absolutní řádovosti potřebnou pro zpracování mapy povodí. Data s informací o absolutní řádovosti vodních toků lze získat pro 100 nejvýznamnějších vodních toků³.



Obr. 15: Řádovost povodí dle DIBAVOD.
Zdroj dat: VÚV TGM, 2017. Zpracování: Autorka.

Určení absolutní řádovosti vodních toků

Pro vyhodnocení kritérií, charakterizujících mapu povodí, bylo nezbytné pro data DIBAVOD určit informaci o absolutní řádovosti vodních toků, tzn. počet postupných zaústění do moře.

Linie byly nejprve funkcí Dissolve sloučeny podle TOK_ID do vodních toků. Jedná se o stromový graf (viz Obr. 8 na straně 28), a tak byla liniím za využití metody postupného výběru přiřazována řádovost. Na začátku se ručně určily vodní toky 1. řádu (Labe a Odra). Určení *n*-tého řádu bylo provedeno výběrem linií, které jsou napojeny (dotýkají se) na

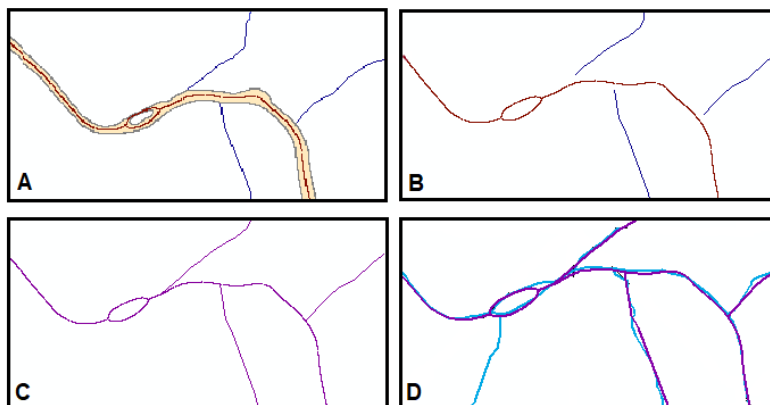
³ Ing. Fojtík. Vedoucí oddělení GIS a kartografie VÚV TGM. 10. 5. 2018, emailové sdělení.

linie $n - 1$ řádu. Pro významné toky, které nemají zaústění na území Česka bylo nutné řádovost v průběhu výpočtu určovat ručně (např. Morava či Kladská Nisa). Mapa s výsledkem určování řádovosti je součástí Příloha 6.

Tvorba modelu říční sítě

Pro hledání hlavního toku pomocí síťových analýz a pro vymezení povodí je nezbytné použít topologický model říční sítě s jednoznačnou identifikací toků. Jak již bylo uvedeno, vodní toky v datech DMÚ 25 netvoří souvislý model říční sítě a jsou v místech vodních ploch přerušeny. Proto bylo třeba rozhodnout, zda nahradit vodní plochy linií a tu napojit na vodní toky DMÚ 25, či najít způsob, jak vybrat linie DIBAVOD, které odpovídají datům DMÚ 25.

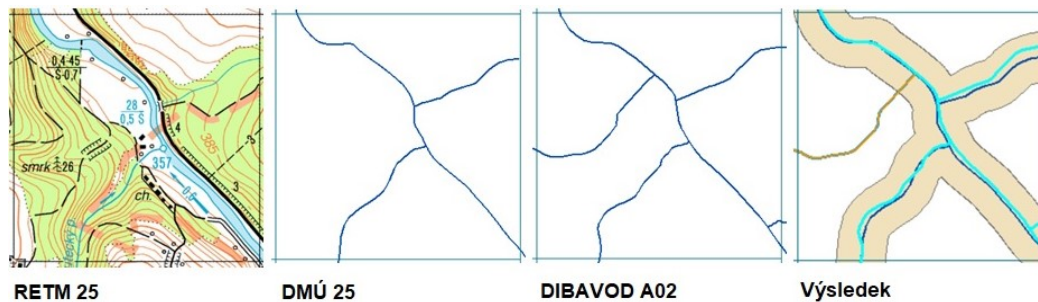
První způsob je znázorněn na Obr. 16. V některých případech nahrazení navrženým způsobem fungovalo, v případě větších vodních ploch nikoliv.



Obr. 16: Postup nahrazení vodní plochy středovou linií.

A – modře vodní toky DMÚ 25, oranžově vodní plochy DMÚ 25, červeně středová linie.
 B – přítoky nenavazují na středovou linii. C – prodloužení vodních toků ke středové linii s využitím funkce Extend line. D – světle modře DIBAVOD, fialově vzniklá vrstva vodních toků.
 Zdroj: Autorka.

Úprava hydrologických dat, tj. tvorba říční sítě nad daty DMÚ 25, nebyla hlavním cílem diplomové práce, a tak byla zvolena druhá varianta – využít data DIBAVOD. Okolo vodních toků a vodních ploch DMÚ 25 byla vytvořena obalová zóna v šířce 200 m (vodní toky) a 100 m (vodní plochy), tzv. zóna tolerance. Linie DIBAVOD byly poté oříznuty podle této obalové zóny a přítoky (linie kratší 500 m) byly vymazány. Na Obr. 17 je znázorněn postup výběru.



Obr. 17: Postup výběru vodních toků DIBAVOD.

Ukázka jednoho dílčího čtverce 1 × 1 km, kde se oproti DMÚ 25 nacházel v DIBAVOD navíc jeden přítok. Ten byl během výběru pomocí obalové zóny vyřazen. Zdroj: Autorka.

3.3.2 Použitý software

Pro zpracování diplomové práce byly použity následující programy:

ESRI ArcGIS – zpracování a analýzy prostorových dat byly provedeny v softwaru ArcMap 10.5.1. s využitím několika nadstaveb. Pro automatizaci byly vytvořeny skripty v programovacím jazyce Python, který se prostřednictvím modulu `arcpy` využívá v prostředí ESRI ArcGIS. Při zpracování dat výškopisu a analýze reliéfu bylo využito nadstavby 3D Analyst. Nadstavba Network Analyst umožňuje provádět prostorovou analýzu sítí, např. možnost stanovení trasy z bodu do bodu bylo využito při hledání hlavního vodního toku. Při analýze území s cílem vytvořit hranice povodí bylo využito nadstavby Spatial Analyst.

PyCharm – je integrované vývojové prostředí (IDE) pro psaní kódu v jazyce Python, jehož vývoj zajišťuje firma JetBrains se sídlem v Praze. Podporuje jak Python 2, tak Python 3. Umožňuje například automatické doplňování kódu, včetně názvu proměnných. Pro rychlé odhalení chyb zobrazuje u problematických řádků varování, včetně návrhu možného řešení.

Jupyter Notebook – je webová verze python konzole, která ulehčuje práci při analýze dat. Příkazy a jejich výstupy se ukládají, je možné se k nim vracet a upravovat je. Pro práci s 2D tabulkami byla využita specializovaná knihovna `Pandas`, která pracuje s datovým typem `DataFrame` a `Series` a slouží pro analýzu dat. Toto prostředí bylo využito při analýze hodnot hodnotících kritérií a při tvorbě grafů.

MS Excel – je tabulkový procesor od firmy Microsoft. Byl využit v závěru práce k vypočtení samotné multikriteriální analýzy metodou TOPSIS.

3.4 Aplikace metod a řešení zadaného úkolu

Jak uvádí Brožová (2003): „Neexistuje univerzálně použitelná kombinace metod pro stanovení preferencí, která by se dala použít na libovolnou úlohu“. Je tedy potřeba pro každou úlohu stanovit „na míru šitý“ postup jejího řešení. Podle teorie procesu rozhodování, popsané v kapitole 2.1, byl postup práce rozdělen na níže rozepsané fáze, schematicky znázorněné na Obr. 18.



Obr. 18: Postup řešení zadaného úkolu.

Zdroj: Autorka.

3.4.1 Definice problému

Cílem práce byla identifikace m vhodných variant území 4×4 km a u těchto území na základě n hodnotících kritérií určit vhodnost pro zpracování studentských úkolů. Tím vybrat vhodné varianty a sjednotit obtížnost zadávaných variant. Detailněji jsou cíle rozepsány v předchozích kapitolách.

3.4.2 Tvorba variant k hodnocení

Na začátku hodnocení bylo potřeba vytvořit soubor variant, čtverců 4×4 km, které budou dále hodnoceny. Určení všech možných variant řešení bylo významnou fází rozhodovacího procesu. Čím větší je počet potenciálních variant, tím větší je šance na nalezení skutečně dobrého řešení, tj. takového řešení, které dosahuje těch nejlepších výsledků. Nad zájmovým územím Česka byly vytvořeny všechny varianty čtvercové sítě

4×4 km (funkce `Create fishnet`), celkem 143 922 polygonů. Z těchto polygonů byly vyřazeny ty, které nesplňovaly čtyři základní požadavky na území.

Z důvodu dostupnosti vektorových dat pro zpracování analýzy území byly z vybraných variant vyřazeny ty, které neležely kompletně na území Česka. Pro zpracování úkolů bylo nezbytné, aby kilometrová síť v podkladové mapě byla pravoúhlá a tedy, aby varianty ležely v oblasti pásu UTM33. Z vybraných variant byla dále vyřazena ta území, kterými neprochází železnice a významná rozvodnice (DIBAVOD do 3. řádu), což byly požadavky plynoucí z podstavy zadání mapy generalizace a povodí. Aplikací těchto základních požadavků byl soubor variant snižen na 12 tisíc a významně se tak snížil čas pro výpočet hodnotících kritérií.

3.4.3 Stanovení kritérií pro rozhodování

Vhodný soubor kritérií zajistil jednoduché a jasné ohodnocení jednotlivých variant. Požadavky na území vyplývaly ze zadání jednotlivých úkolů a rozboru v současné době využívaných zadání, jež je popsáno v kapitole 3.1. a 3.2. Stanovení kritérií pro rozhodování bylo provedeno na základě formalizace těchto požadavků. K vyhodnocení vhodnosti území byla použita multikriteriální analýza rozdělená na dva kroky: **1) předvýběr území** na základě booleovského hodnocení a **2) seřazení variant** od nejvhodnější po tu nejméně vhodnou.

Proto byla i hodnotící kritéria rozdělena do dvou skupin. První skupinu tvořily zábrany (limits), které jednoznačně definovaly vlastnosti, které varianty musí, anebo nesmí mít. Kompletní seznam i s určenou hodnotou aspirační úrovně je uveden v Tabulce 1, která je straně 49. Ve zkratce bylo pro mapu hypsometrie nezbytné, aby se v území nacházel hlavní vodní tok, aby zaplněnost vzniklými vrstevnicemi (i těmi v podkladové mapě) byla přiměřená. Dále pak, aby se v území nevyskytovaly plochy skalních útvarů a místa povrchové těžby, protože v těchto místech chybějí vrstevnice a čtení výškopisu je náročné až nemožné. Pro mapu povodí bylo nezbytné, aby v území byly vodní toky určité délky, abychom znali řádovost vodních toků a aby počet vymezených povodí nebyl ani nízký ani příliš vysoký. Dále, aby délka významné rozvodnice byla větší než je stanovené minimum. Pro mapu generalizace bylo nezbytné, aby v území byla železnice určité délky, zástavba přiměřené rozlohy a aby rozloha vodní plochy nebyla příliš velká.

Druhou skupinou jsou faktory a jejich parametry, které mají pozitivní či negativní vliv na vhodnost území. Vyjadřují vlastnost varianty vzhledem k ideální variantě. Schematicky je vztah hodnotících kritérií znázorněn na Obr. 25 na stránce 51, v kapitole týkající se ohodnocení jednotlivých variant řešení.

Pro mapu **hypsometrie** byla jako hodnotící kritéria stanovena tato:

- odchylka od ideálního počtu linií vzniklých lineární interpolací v 16 dílčích čtvercích
- odchylka podílu ploch od ideálního rozdělení řekou na dvě poloviny
- odchylka od ideální délky vrstevnic v podkladové mapě
- rozloha ploch sklaných útvarů a míst povrchové těžby.

Pro mapu **povodí** byla jako hodnotící kritéria stanovena tato:

- odchylka od ideálního počtu povodí
- odchylka od ideálního počtu řádů vodních toků
- existence tzv. vynechání v řádovosti vodních toků (popsáno na straně 3532)
- přítomnost rozvodnice 1. řádu.

Pro mapu **generalizace** byla jako hodnotící kritéria stanovena tato:

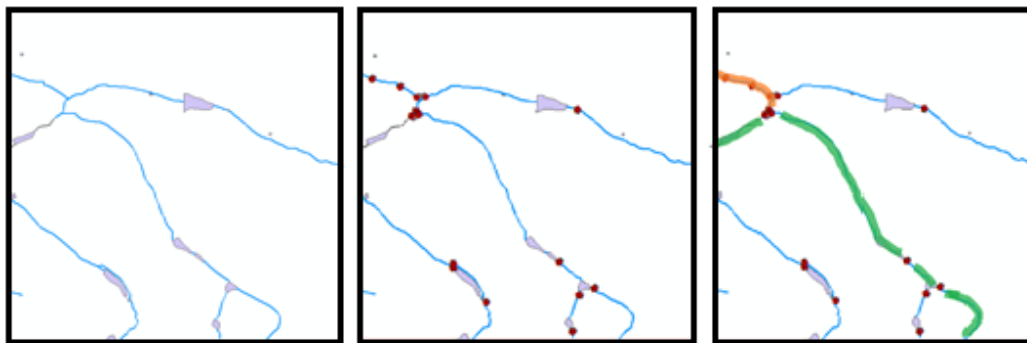
- odchylka od ideální délky železnice
- odchylka od ideální délky silnice
- odchylka od ideální rozlohy zástavby
- odchylka od ideální rozlohy vodních nádrží.

3.4.4 Získání potřebných informací o území

V této části práce je popsán postup výpočtu jednotlivých hodnot kritérií, které vstupovaly do hodnocení území. Při výpočtech byly využity funkce naprogramované v programovacím jazyce Python, jejichž výsledky se ukládaly do .csv souborů, které byly poté v ESRI ArcMap a Jupyter Notebook analyzovány. Zdrojové kódy všech níže zmiňovaných funkcí byly náležitě okomentovány a jsou součástí příloh na přiloženém CD. Pokud bude v textu zmíněn popis výpočtu, jedná se o krátké přiblížení funkcionality kódu, požadovaných vstupních dat a prezentaci výstupů. Cílem práce bylo vytvořit funkční postup, aplikovatelný nad celým územím Česka.

Mapa hypsometrie – určení hlavního vodního toku

Ze zadání mapy hypsometrie vyplynul požadavek na výskyt hlavního vodního toku (posloupnosti vodních toků), který prochází celým územím a dělí území na dvě přibližně stejné části. Jedná se o limitní kritérium, které muselo být splněno, aby bylo možné mapu tvořit navrženým způsobem. Cílem hodnocení bylo vybrat území, která lze dělit vodním tokem na dvě části a zároveň ta území, kde plocha po rozdělení byla srovnatelná, tj. podíl ploch po rozdělení byl v nastavené toleranci. Na Obr. 19 je znázorněn řešený problém.



Obr. 19: Problém výběru hlavního vodního toku.

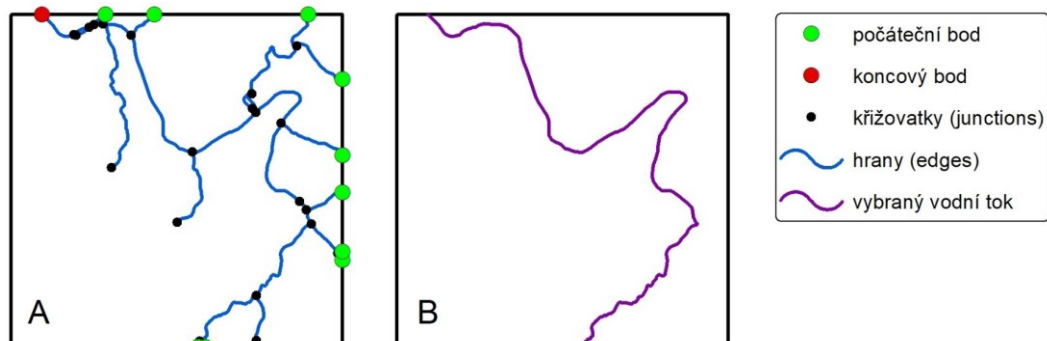
Vlevo – vodní toky k analýze. Uprostřed – červeně vyznačeny koncové body linií.

Vpravo – naznačeno předpokládané správné řešení = při výběru linie bylo nutné respektovat směr vodního toku (zelená) a ne ideální rozdělení území (oranžově přítok). Zdroj: Autorka.

Byla naprogramována funkce `vyber_vodni_tok`, jejíž zdrojový kód je součástí skriptu `fce_predvyber.py`. Navržený princip hledání „nejlepší“ trasy mezi dvěma vody byl založený na topologickém modelu říční sítě. Všechny linie vodních toků měli stejnou váhu, neřešila se tedy významnost toku s ohledem např. na řádovost, pouze plocha vzniklá rozdělením území na dvě části. Zkráceně lze výpočet vyjádřit následujícím postupem:

1. **Příprava dat:** DMÚ 25 vodní plochy a DMÚ 25 vodní toky (typ: řeka, potok) oříznout podle hranic území a podle postupu popsaného v kapitole 3.3.1 vybrat data DIBAVOD vodní toky A02 – jemné úseky.
2. **Vytvořit z dat říční síť:** orientovaný rovinný acyklický graf, reprezentovaný geometrickou sítí (`CreateGeometricNetwork`), kde hrany `edge` odpovídají liniím vodních toků DIBAVOD a křižovatky `junctions` odpovídají koncovým a počátečním bodům těchto linií.
3. Najít všechna místa, kde vodní toky opouští území a kde do území vtékají – mezi těmito místy se hledalo spojení.
4. Vytvořit **všechny kombinace počátečních a koncových bodů** a pro každou kombinaci **najít cestu v říční síti** (`TraceGeometricNetwork` s nastavením `Find Path`, která najde jednu z mnoha cest mezi dvěma body, tzv. vlajkami v síti = `flags`). Pokud nejsou zadány váhy, funkce najde cestu s nejmenším počtem spojení.
5. Pokud cesta existuje, tak podle nalezené linie (kombinace úseků vodních toků) **rozdělit území na 2 plochy** a pro tyto plochy **spočítat poměr** ve kterém rozdělují území (větší plocha/ménší plocha).

6. **Vybrat kombinaci vodních toků**, pro které je podíl po rozdělení nejblíže k hodnotě 1 a pro tuto kombinaci určit počet průsečíků s mřížkou. Výsledek navrženého postupu je znázorněn na Obr. 20.



Obr. 20: Schéma výběru hlavního vodního toku.

A – schéma sítě, B – vybraný vodní tok, který dělí území v nejlepší poměru (poměr ploch při rozdělení území = 1,73 a počet průsečíků s mřížkou = 27). Zdroj: Autorka

Mapa hypsometrie – lineární interpolace

Jak je uvedeno v kapitole 3.1.1, studenti mají za úkol metodou lineární interpolace vytvořit vrstevnice podle zadaného ZIV. Požadavkem na území a zvoleným hodnotícím kritériem byla přiměřená zaplněnost území vzniklými vrstevnicemi.

Úkolem diplomové práce bylo nasimulovat ruční tvorbu studenta ve všech třech možných variantách ZIV (5, 10 a 20 m), vybrat pro dané území nejvhodnější ZIV a ohodnotit zaplněnost území vzniklými vrstevnicemi, od jejichž počtu se odvíjí náročnost pro ruční tvorbu. Byla naprogramována funkce `linearni_interpolace`, jejíž zdrojový kód je součástí skriptu `fce_hypsometrie.py`. Zkráceně lze výpočet vyjádřit následujícím postupem:

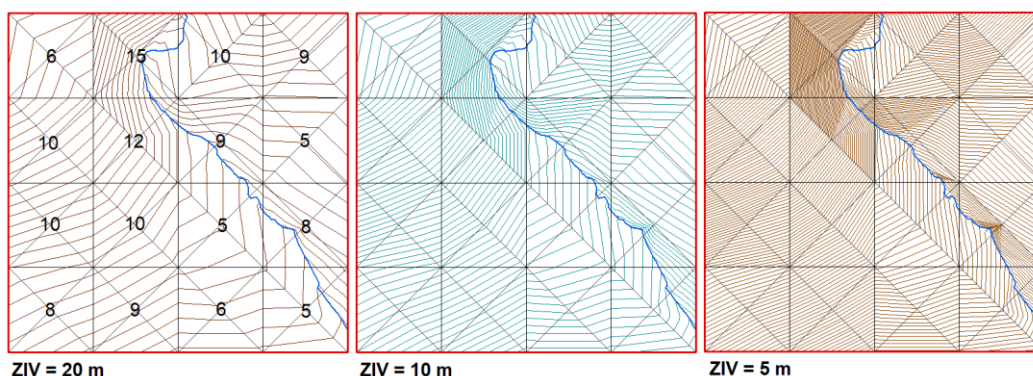
- Příprava dat:** Vytvoření obalové zóny čtverce (500 m), podle které budou oříznuta data DMÚ 25: vrstevnice ZIV 5 m, vodní plochy a vodní toky (typ: řeka, potok).
- Oprava směru vodních toků:** Některé vodní toky v datech DMÚ 25 nebyly správně orientované. Proto byl první digitální model reliéfu (DMR) vytvořen jen z vrstevnic a určen k opravě směrů linií. Pro každý úsek linie byl určen počátek a konec, z DMR odečtena nadmořská výška a v případě, že výška počátku byla nižší než koncového bodu, vytvořila se nová linie s otočeným pořadím bodů.
- Tvorba DMR funkcí `TopoToRaster`** z dat vrstevnic, vodních toků a vodních ploch. Rozlišení DMR bylo s ohledem na rychlost výpočtu zvoleno 5 m.

4. Načtení předem vybraného vodního toku, tvorba mřížky, úhlopříček, průsečíků s řekou. Vymazání středových bodů ve vzdálenosti 125 m (0,5 cm v mapě) od průsečíku s řekou, viz Obr. 21. **Určení nadmořské výšky** pro 25 rohových bodů mřížky a X průsečíků. Výpočet minimální a maximální nadmořské výšky v 16 dílčích čtvercích a z toho výpočet středové hodnoty.



Obr. 21: Odstranění středového bodu v blízkosti průsečíků s řekou.
 Vlevo – středový bod = 379 m a průsečík = 347 m. Nelze zakreslovat vrstevnice.
 Vpravo – body vhodné k lineární interpolaci. Zdroj: Autorka.

5. **Tvorba 3D linie** z vybraného vodního toku – vybraný vodní tok byl rozdělen do úseků podle průsečíků, pro každý počáteční a koncový bod byla určena nadmořská výška, uložena jako atribut. 3D linie byla důležitá pro správné vytvoření TIN.
6. **Tvorba TIN** z 25 + 16 + X bodů s využitím 3D linie vybraného vodního toku.
7. **Generování vrstevnic** se ZIV 5, 10 a 20 m a **určení počtu vrstevnic** v celém území i v 16 dílčích čtvercích. Na Obr. 22 je srovnání zaplněnosti při použití třech různých ZIV. Detailní výsledek interpolace je v Příloha 8.



Obr. 22: Vrstevnice vzniklé lineární interpolací (ZIV 20, 10 a 5 m).
 Na obrázku vlevo (ZIV = 20 m) je v 16 dílčích čtvercích uveden počet vrstevnic, který bude sloužit pro následné hodnocení zaplněnosti. Zdroj: Autorka.

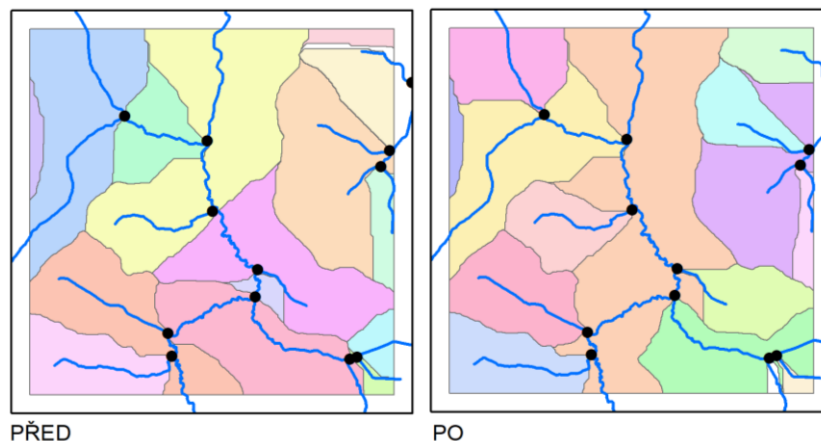
Výstupem funkce je pro každý ZIV pole hodnot s údaji o ID čtverce, počtu vrstevnic v území a počtu vrstevnic v 16 dílčích čtvercích. Optimální ZIV byl určen na základě porovnání počtu linií v 16 dílčích čtvercích s ideální hodnotou 128 linií. Do hodnocení

variant vstoupil počet linií v 16 dílčích čtvercích pro doporučený ZIV a délka vrstevnic v podkladové mapě, která ovlivňuje náročnost čtení výškopisu a odečítání bodů z mapy.

Mapa povodí – počet povodí

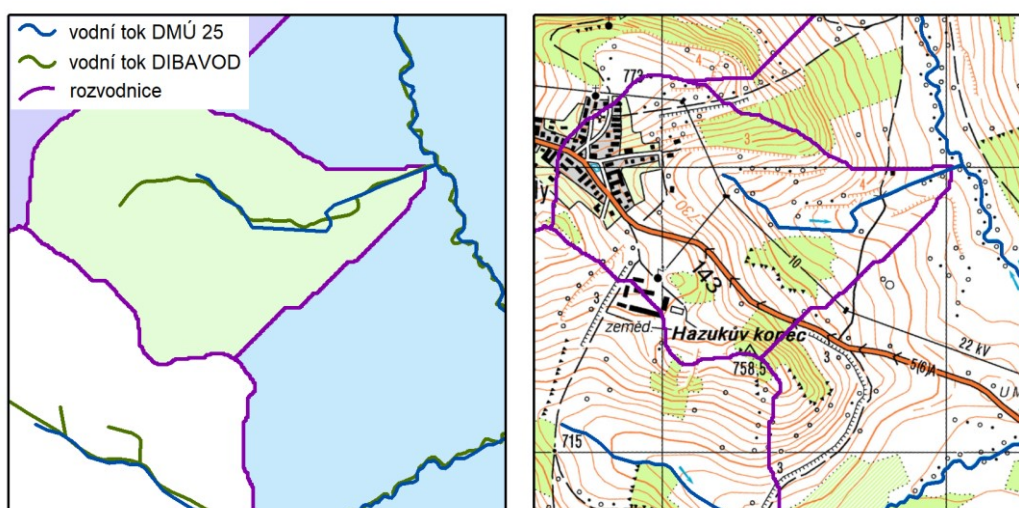
Jak je uvedeno v kapitole 3.1.2, studenti mají za úkol zpracovat hydrografickou analýzu území, kdy pomocí hřbetnic vytvoří orografické rozvodnice a vymezení povodí. Požadavkem na území a zvoleným hodnotícím kritériem je přiměřený počet vzniklých povodí, který ovlivňuje náročnost zpracování. Vliv na výsledek má počet, průběh a řádovost vodních toků. Úkolem diplomové práce bylo nasimulovat ruční tvorbu studenta, aby mohl být určen počet polygonů povodí. Byla naprogramována funkce `tvorba_povodi`, jejíž zdrojový kód je součástí skriptu `fce_povodi.py`. Zkráceně lze výpočet vyjádřit následujícím postupem:

1. **Příprava dat:** Vytvoření obalové zóny čtverce (1 000 m) podle které budou oříznuta data DMÚ 25: vrstevnice ZIV 5 m, vodní plochy a vodní toky (typ: řeka, potok). Z dat DIBAVOD byly vybraným způsobem, uvedeným v kapitole 3.3.1, odstraněny úseky kratší 500 m (2 cm v mapě 1 : 25 000), pro které se podle zadání úkolu samostatné povodí nevymezuje.
2. **Tvorba rastrů pro tvorbu povodí:** DMR, DMR s vyplněnými prohlubněmi, rastr směru odtoku vody a rastr akumulace vody.
3. **Tvorba závěrových profilů:** Byl určen koncový bod každého vodního toku v území. Z těchto bodů se pro potřeby následného vymezení povodí vytvořil rastr. Koncový bod byl nahrazen jednou buňkou rastru, která byla při tvorbě v nastavené toleranci přichycena k buňce s nejvyšší akumulací vody v rastru akumulace vody. Jako problém při výpočtu se ukázal fakt, že v místech, kde se přítok vlévá do většího vodního toku, byl bod funkcí `SnapPourPoint` přichycen na hlavní vodní tok, nikoliv přítok. Proto byly pro potřeby této práce vytvořeny závěrové profily nikoliv v místě koncové bodu linie vodního toku, ale v místě předposledního bodu na linii. Tím se jednoduše zajistilo, že i po vytvoření rastru funkcí `SnapPourPoint` ležel závěrový profil na příslušném vodním toku, pro který vymezují samostatné povodí. Na Obr. 23 je jednoduše rozlišitelný rozdíl ve vymezení povodí. Před vymezením bylo v území identifikováno 16 povodí, jejichž vymezení ale neodpovídalo očekávanému výsledku. Po zkrácení vodních toků o poslední úsek bylo identifikováno 15 dílčích povodí, jejichž vymezení odpovídá očekávanému průběhu rozvodnic.



Obr. 23: Vymezení povodí před a po zkrácení vodních toků o koncový bod.
Černé body představují závěrové profily. Zdroj: Autorka.

4. **Tvorba povodí:** Navržen byl způsob postupné tvorby povodí. Nejprve byla z rastru směru odtoků vytvořena funkcí `Basin` základní povodí, která pokrývají celé zájmové území. Poté byla z rastru směru odtoků a závěrových profilů funkcí `Watershed` vymezena dílčí povodí, která však pokrývají jen oblast odvodňovanou do zadaných závěrových profilů. V případech, kdy byla část území odvodňována mimo zájmovou oblast a chyběl příslušný vodní tok, byl využit výstup funkce `Basin`. Oba rastry byly převedeny na polygony a oříznuty podle hranic území. Spojením vznikla výsledná polygonová vrstva povodí.
5. **Určení počtu povodí:** Vzniklá vrstva povodí byla očištěna o povodí s plochou menší než 62 500 m², což odpovídá 1 cm² v mapě 1 : 25 000 a poté byl určen počet výsledných polygonů. Detailní výsledek tvorby povodí je v Příloha 9.



Obr. 24: Výstup funkce tvorba povodí. Detail území.
Zdroj: Autorka.

Do hodnocení variant vstoupil počet polygonů povodí, délka vodních toků DIBAVOD v území a délka vodních toků, ze kterých byla povodí tvořena.

Mapa povodí – určení počtu řádů vodních toků v území

Pro tvorbu mapy povodí byl nezbytný výskyt vodních toků různých řádů. Studenti do mapy zakreslují minimálně 2 a maximálně 4 řády. V případě výskytu více řádů se toky vyšší řádovosti z tvorby povodí vynechávají. Známe-li řádovost vodních toků v území, můžeme určit počet řádů a vyřadit ze souboru variant nevhodná území. Byla naprogramována funkce `radovost_vodnich_toku`, jejíž zdrojový kód je součástí skriptu `fce_povodi.py`. Pro každý řád toku (1. – 10.) byla vypočtena délka všech linií s daným řádem a určena celková délka vodních toků v území. Následně byl pro každou variantu určen počet řádů, u nichž délka toků v území přesáhla 500 m (2 cm na mapě v měřítku 1 : 25 000).

Mapa generalizace

Výpočet hodnotících kritérií pro mapu generalizace byl oproti mapě hypsometrii či povodí jednoduchý v tom, že nebylo nutné simulovat ruční práci studenta. Hodnotí se přiměřená zaplněnost území různými prvky. Byla spočtena délka železnice, délka silnic, rozloha zástavby, rozloha povrchové těžby, rozloha vodních ploch a rozloha vodních nádrží. Jedná se o hlavní prvky, které určují ráz území. Určení hodnot těchto kritérií je součástí funkce `zakladni_kriteria`, jejíž zdrojový kód je součástí skriptu `fce_predvyber.py`.

3.4.5 Předvýběr území na základě limitujících podmínek

Z vytvořených variant bylo nutné vybrat ty, které splňují základní požadavky na území. Ty byly dány z podstaty zpracovávaných úkolů a označeny jako limity pro výběr variant. Jsou vyjádřeny aspirační úrovní, což je hodnota kritéria, které má být dosaženo. Z celého souboru variant byly vybrány přípustné varianty, pro něž má další hodnocení smysl. Omezil se tak výskyt nevhodných variant, jejichž ukázky jsou součástí Příloha 5.

Určení aspirační úrovně kritérií

K určení limitních hodnot byla provedena analýza jednotlivých kritérií, což bylo jedním z dílčích úkolů této práce. Limitní hodnoty byly určeny expertním odhadem a rozbor je součástí Příloha 7. Z 12 tisíc variant, které splnily základní požadavky na území, byly vyřazeny ty, které nesplňovaly základní limity, uvedené v Tabulka 1.

Tabulka 1: Kritéria pro předvýběr území na základě limitujících podmínek.

KRITÉRIUM	DŮVOD OMEZENÍ	ASPIRAČNÍ ÚROVEŇ
Existuje hlavní vodní tok	Požadavek na výskyt vodního toku, který dělí území na 2 přibližně stejné části (mapa hypsometrie)	Území lze dělit vybraným vodním tokem s vhodným poměrem ploch, tj. ideálně 1:1, nejvýše 1:3
Přiměřená zaplněnost území vrstevnicemi, které vzniknou lineární interpolací	Požadavek na omezení počtu linií z důvodu vysoké zaplněnosti u mapy hypsometrie	V dílčím čtverci je minimálně 1 a maximálně 20 linií vzniklých lineární interpolací
Přiměřená plocha skalních útvarů a míst povrchové těžby	Ovlivňuje čtení výškopisu při tvorbě mapy hypsometrie (v místech chybějí vrstevnice)	Plocha skalních útvarů a míst povrchové těžby je menší než $62\,500\text{ m}^2 = 1\text{ cm}^2$ na mapě 1 : 25 000
Přiměřená délka vrstevnic	Ovlivňuje náročnost čtení výškopisu	Součet délky vrstevnic při ZIV = 5 m je větší než 175 000 m
Výskyt vodních toků	Nezbytné pro tvorbu mapy povodí	Minimální délka vodních toků v území je 10 km
Délka vybraných toků DIBAVOD není příliš rozdílná od délky vodních toků DMÚ 25	Možný nesoulad dat DIBAVOD a DMÚ 25	Délka vstupních vodních toků DIBAVOD je maximálně dvakrát větší než délka toků vybraných na základě obalové zóny dat DMÚ 25
Řádovost vodních toků je známa	Nezbytné pro tvorbu mapy povodí (u dat DIBAVOD bylo možné určit řádovost)	Součet délky vodních toků, pro které neznáme řádovost, je menší než 1000 m
Vodní toky rozdílné řádovosti	Požadavek na výskyt vodních toků různé řádovosti (mapa povodí)	Počet řádů vodních toků s délkou větší než 500 m je minimálně 2 a maximálně 5
Vhodný počet povodí	Ovlivňuje náročnost kresby mapy	Počet výsledných povodí v území je 7 až 20 polygonů
Nebylo vyřazeno příliš mnoho povodí	Možná nekonzistence dat DIBAVOD a DMÚ 25	Počet povodí před vyřazením těch, které jsou menší než 1 cm^2 není větší než 4násobek výsledného počtu povodí
Délka významné rozvodnice	Požadavek na výskyt rozvodnice 3. řádu DIBAVOD	Délka rozvodnice 3. řádu podle DIBAVOD je minimálně 500 m
Přiměřená rozloha vodních ploch	Omezit rozlohu shora z důvodu přiměřené pestrosti území	Rozloha vodních ploch včetně ploch představujících vodní toky je menší než 2 km^2
Přiměřená rozloha zástavby	Požadavek na výskyt zástavby přiměřené rozlohy (mapa generalizace)	Rozloha zástavby je v intervalu $0,2 - 2\text{ km}^2$ (řídce osídlení – dva dílčí čtverce pokryté zástavbou)
Přiměřená délka železnice	Požadavek na výskyt železnice přiměřené délky (mapa generalizace)	Délka linie železnice je v intervalu 3 – 10 km

3.4.6 Ohodnocení jednotlivých variant řešení

Po vypočtení hodnotících kritérií a vyřazení nevhodných variant bylo dalším krokem seřazení přípustných variant od nejvhodnější po tu nejméně vhodnou. Na základě rozboru současných zadání byly určeny optimální hodnoty každého kritéria a byla vytvořena hypotetická ideální varianta, která dosahuje optimálních hodnot ve všech kritériích. Pro každé kritérium byla následně určena vzdálenost od ideální hodnoty – odchylka. Všechna kritéria měla minimalizační povahu – čím menší vzdálenost od ideální varianty, tím lépe.

Cílem bylo minimalizovat rozdíl oproti nejlepší variantě zadání. Výběr kompromisní varianty byl proto proveden za použití metody TOPSIS, která minimalizuje vzdálenost od ideální varianty a maximalizuje vzdálenost od bazální varianty. Aby bylo možné rozlišit lehčí a těžší variantu, byla odchylka od ideální varianty určena asymetricky. Výpočet normalizované kritériální matice totiž nezohlední, jestli je v území daného jevu více či méně než je ideální hodnota.

Například při tvorbě mapy hypsometrie pocítí student rozdíl, kreslí-li v součtu 120 linií, nebo 136 linií. Obě varianty mají odchylku 8 linií od ideální varianty 128 linií, ale odchylka směrem nahoru (větší počet linií) znamená, že je zadání náročnější. Proto byla v případě lineární interpolace znevýhodněna těžší varianta (kladná odchylka od ideální varianty byla vynásobena dvěma).

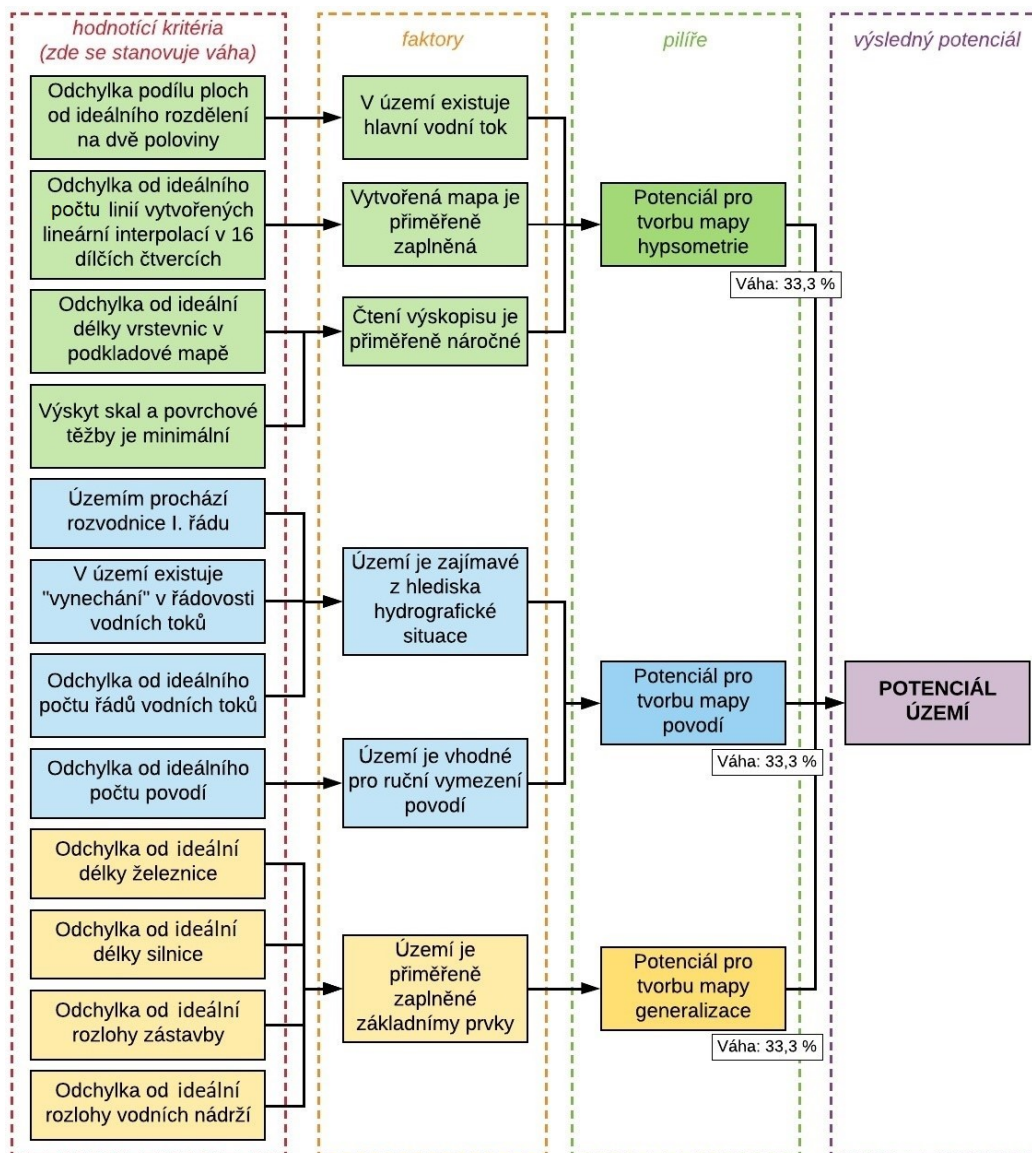
Stanovení vah kritérií

Preference mezi jednotlivými kritérii byla určena vahami, které vyjadřují důležitost kritérií. Využita byla bodovací metoda, kdy se každému kritériu ve skupině přiřadil počet bodů podle významnosti. Obecně lze identifikovat významná a doplňková kritéria. Níže uvedené hodnoty vah pro jednotlivá kritéria jsou expertním odhadem, který provedla autorka práce. Ve vytvořených skriptech lze tyto hodnoty měnit a zkoumat tak vliv jednotlivých hodnotících kritérií na výsledek hodnocení.

U mapy hypsometrie byla deseti body ohodnocena odchylka od ideálního počtu vrstevnic vzniklých lineární interpolací, která udává náročnost mapy k ruční tvorbě. Délka vrstevnic v podkladové mapě, vyjadřující náročnost území na čtení výškopisu, byla ohodnocena čtyřmi body s asymetrickou vahou 1,25 pro větší délku vrstevnic. Dvěma body byla ohodnocena plocha, na kterou rozděluje vodní tok vybrané území. Výskyt ploch skalních útvarů a území s povrchovou těžbou byl již zahrnut do limitů v předvýběru variant. Proto byl výskyt těchto ploch ohodnocen pouze jedním bodem a byl chápán jako doplňkové kritérium, které rozhodovalo v případě shodného umístění variant.

U mapy povodí byla za hlavní kritérium, ohodnocené deseti body, vybrána odchylka od ideálního počtu povodí. Zde byla asymetrická váha stanovena na 1,5 – více polygonů

povodí je těžší na vymezení a kresbu. Zajímavost území z hlediska hydrografické situace vyjádřila odchylka od ideálního počtu řádů, přítomnost rozvodnice 1. řádu s délkou větší než 500 m a případný výskyt vynechání v řádovosti vodních toků. Tato kritéria byla ohodnocena shodně třemi body. Jako doplňkové kritérium, ohodnocené jedním bodem, bylo v případě shodného pořadí variant s výskytem rozvodnice 1. řádu chápáno kritérium vyjadřující rozdíl v řádovosti. Lépe byla ohodnocena varianta, kde se nacházejí vodní toky vyššího řádu a rozdíl v řádu rozvodnic je vyšší.



Obr. 25: Hodnotící kritéria ve vztahu k hodnoceným mapám.

Zdroj: Autorka.

U mapy generalizace byla odchylka od délky železnice ohodnocena čtyřmi body, s asymetrickou vahou 1,25 pro delší linie. Preferován byl tedy kratší úsek linie. Odchylka od ideální délky silnic byla ohodnocena pěti body, s asymetrickou vahou 1,25 pro delší

linie. Delší linie vyjadřuje větší zaplněnost území. Odchylka od ideální rozlohy zástavby byla také ohodnocena pěti body s tím, že zde byla asymetricky znevýhodněna varianta s nižší rozlohou zástavby, která je podle autorky náročnější na vymezení a kresbu než varianta s vyšší rozlohou zástavby. V případě zástavby i železnice byla již maximální a minimální hodnota omezena při předvýběru variant. Jako hlavní kritérium, ohodnocené deseti body, byl zvolen výskyt vodní nádrže přiměřené rozlohy, kdy byla vyšší rozloha znevýhodněna vahou 2, protože je náročnější na kresbu a příliš zaplňuje plochu mapy.

Výpočet multikriteriálního hodnocení variant metodou TOPSIS

Do závěrečné části hodnocení vstoupilo **806 variant**, které byly na základě předvýběru označeny za přípustné pro tvorbu úkolů. Výsledný výpočet multikriteriálního hodnocení a stanovení pořadí metodou TOPSIS byl proveden mimo GIS, v programu MS Excel. Vstupem byly tři soubory s hodnotami kritérií, odpovídající třem hodnoceným mapám. Pro každé kritérium byla spočtena odchylka od ideální varianty a následně zkonstruována normalizovaná kritériální matice. Dále byla na základě informací o váze kritéria zkonstruována normalizovaná vážená kritériální matice, ze které byla určena ideální a bazální varianta, se kterými se počítalo při hodnocení vzdáleností. Jednotlivé varianty byly seřazeny. Závěrečné kompromisní pořadí variant bylo vypočteno metodou TOPSIS. Váhy dílčích pořadí u jednotlivých map byly nastaveny shodně, jelikož jsou všechny tři řešené odevzdávané úkoly stejně důležité. Je však možné váhy měnit a preferovat některou z map. Soubor s výpočtem je součástí příloženého CD. V souboru je možné měnit nastavené váhy kritérií, hodnoty ideální varianty a hodnoty asymetrického znevýhodnění těžších variant.

3.4.7 Výběr optimálního řešení

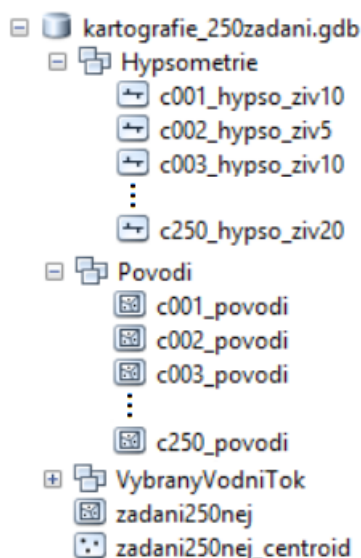
Na základě ohodnocení jednotlivých variant řešení byl celý soubor variant seřazen od nejvhodnější po tu nejméně vhodnou. Toto seřazení představuje vhodnost pro zpracování map studentem. Z ohodnoceného souboru variant bylo vybráno 250 těch nejvhodnějších variant. Počet byl určen tak, aby dostačoval předpokládanému počtu studentů v nadcházejícím akademickém roce.

3.4.8 Tvorba nových zadání a podkladů k hodnocení úkolů

Na závěr práce byla automaticky vygenerována nová zadání – PDF soubory ve formátu A4 (ukázka v pPříloha 10). Území ke zpracování bylo označeno červeným čtvercem, odsazeným o 2 mm od kilometrové sítě. Průhlednost byla nastavena z důvodu čitelnosti

podkladové mapy. Textový popis v levé dolní části slouží k bližší lokalizaci území. Uvedeny byly souřadnice středového bodu v území, příslušný kraj, okres a obec. Dále byla uvedena informace o doporučeném ZIV pro lineární interpolaci. Hlavní vodní tok byl vyznačen růžovým křížkem, vzdáleném v ideálním případě 7 mm vně hranic zpracovávaného území. Pokud v této vzdálenosti nebylo možné křížek do mapy umístit (např. vodní tok pramení blíže k hranicím území), byla v cyklu snižována vzdálenost až na 3 mm. Pokud ani v této vzdálenosti nebylo možné křížek umístit (např. vodní tok je reprezentován vodní plochou), byl křížek umístěn na hranici území a dané .mxd s podkladovými daty bylo před generováním PDF ručně zkontrolováno. Zdrojové kódy skriptů pro automatickou tvorbu mxd souboru a pro generování PDF jsou přiloženy na CD (6_tvorba_mxd.py a 7_export_mapy.py).

Dále byly pro každé území vygenerovány podklady pro hodnocení odevzdané mapy, vrstevnice vzniklé lineární interpolací a vymezení povodí. Strukturu databáze s podklady pro hodnocení map znázorňuje Obr. 26. Tato data, včetně zdrojových .mxd souborů pro generování každého zadání a PDF souborů se zadáními, nebyla spolu s prací zveřejněna. Slouží pouze pro účely vyučujících předmětu Kartografie.



Obr. 26: Geodatabáze s podklady pro hodnocení.
Zdroj: Autorka.

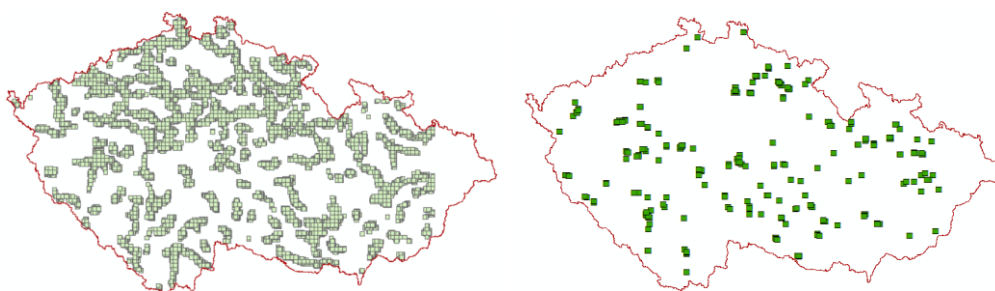
3.5 Způsob ohodnocení dosažených výsledků

Objektivizaci postupu můžeme posuzovat na dvou úrovních. Za prvé je to objektivizace hodnotících kritérií, především definování požadavků na území a stanovení limitních hodnot přípustných intervalů. Za druhé se jedná o objektivizaci hodnocení navrženého postupu zpracování.

Verifikace (neboli ověřování) výsledků navržené metodiky proběhla na základě porovnání podobnosti nově vytvořeného souboru variant se souborem aktuálně používaných zadání. V používaném souboru zadání rozdílů v náročnosti a problémy byly, byl totiž vybrán na základě jednoduché prostorové analýzy, bez kvantifikace některých důležitých hodnotících kritérií. GIS analýza zahrnovala pouze přítomnost prvků potřebných pro generalizaci (silnice, železnice, budovy), existenci vodních toků dostatečné délky a počet vrstevnic v podkladové mapě. Při výběru nebyl například počet vyinterpolovaných vrstevnic či počet povodí. V nově vybraném souboru zadání, který je výsledkem rozsáhlé analýzy, se předpokládá, že tyto problémy nejsou. Ohodnocením se zabývá následující kapitola.

4 Výsledky

Na základě aplikace postupu uvedeného v kapitole 3.4, bylo vybráno 250 nejvhodnějších variant území. Pořadí udává vhodnost daného území k tomu „být zadán“ jako podklad pro tvorbu třech studentských úkolů. Na Obr. 27 vidíme rozložení hodnocených variant na území Česka. Nejlépe ohodnocena byla varianta s identifikačním číslem 14808, která se v hodnocení hypsometrie umístila na 19. místě, v hodnocení povodí na 15. místě a v hodnocení vhodnosti pro mapu generalizace na 1. místě. Na 250. místě byla varianta s identifikačním číslem 1661, která se v hodnocení hypsometrie umístila na 783. místě, v hodnocení povodí na 33. místě a v hodnocení vhodnosti pro mapu generalizace také na 1. místě, které bylo sdíleno více variantami.



Obr. 27: Rozmístění vstupních a výsledných variant v území.

Vlevo – 12 tisíc variant vstupujících do analýzy.

Vpravo – výsledných 250 variant (území 4×4 km znázorněno symbolem, rozloha neodpovídá).

Zdroj: Autorka.

Hlavním cílem práce bylo vytvořit nový soubor zadání, ve kterém se nebudou vyskytovat problémy zmíněné v kapitole 3.2. Výběr nových variant vycházel z přesné definice hodnotících kritérií. Tím bylo ošetřeno, že čas potřebný na tvorbu úkolů bude pro všechna vybraná zadání srovnatelný. Například omezením maximálního počtu vrstevnic vzniklých lineární interpolací v jednom dílčím čtverci bylo zajištěno, že nedojde k přílišnému zaplnění. Díky provedení analýz pro všechny tři intervaly vrstevnic je zaručeno, že byl vybrán ten (pro dané území) nejvhodnější ZIV. Dílčím výsledkem práce je částečná automatizace postupu s využitím skriptů přiložených na CD. Především výsledky generování vrstevnic lineární interpolací a vymezení povodí bude možné využít jako

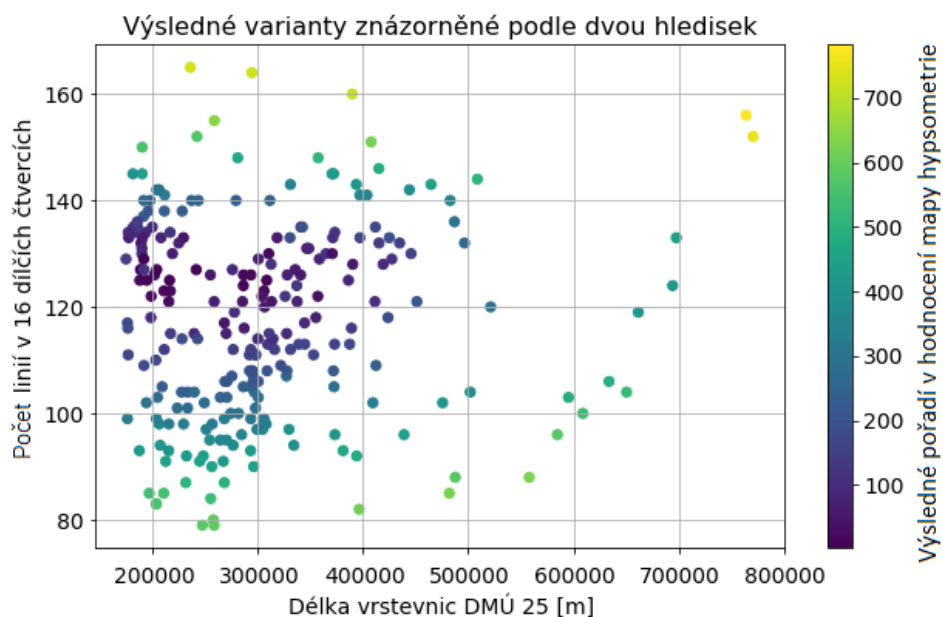
podklad pro hodnocení odevzdávaných map. To významně ušetří práci vyučujícím, kteří musejí každou odevzdanou mapu několikrát opravovat.

4.1 Vliv hodnotících kritérií na výsledné pořadí variant

Statistické rozložení hodnot kritérií u vybraných varianty je v Příloha 11. Součástí přílohy jsou histogramy a grafy závislosti vybraných kritérií, které jsou níže ve zkratce popsány.

Mapa hypsometrie

Průměrný počet vrstevnic vzniklých lineární interpolací byl v nově vytvořeném souboru variant 117, což je o 11 linií méně než stanovená ideální varianta. Minimum bylo 79 a maximum 165. Délka vrstevnic v podkladové mapě DMÚ 25, která byla omezena limitem 175 km v předvýběru, se pohybovala ve výsledném souboru variant od minima 175 km po maximum 770 km. Průměr byl 306 km, což je o 40 km více než stanovená ideální varianta. Na Obr. 28 je znázorněn vztah těchto dvou kritérií a jejich vliv na pořadí v dílčím hodnocení pro mapu hypsometrie. Podíl ploch, který vznikne rozdělením území vodním tokem na dvě části, se pohyboval od ideální varianty 1 po 2.93, kdy je území rozděleno na zhruba čtvrtinu a tři čtvrtiny. Ve výsledném souboru variant byl doporučený ZIV nejčastěji stanoven na 10 m. Závislost doporučeného ZIV na součtu vrstevnic v dílčích čtvercích se také neprokázala. Zato závislost doporučeného ZIV na délce vrstevnic v podkladové mapě byla podle předpokladu prokázána.

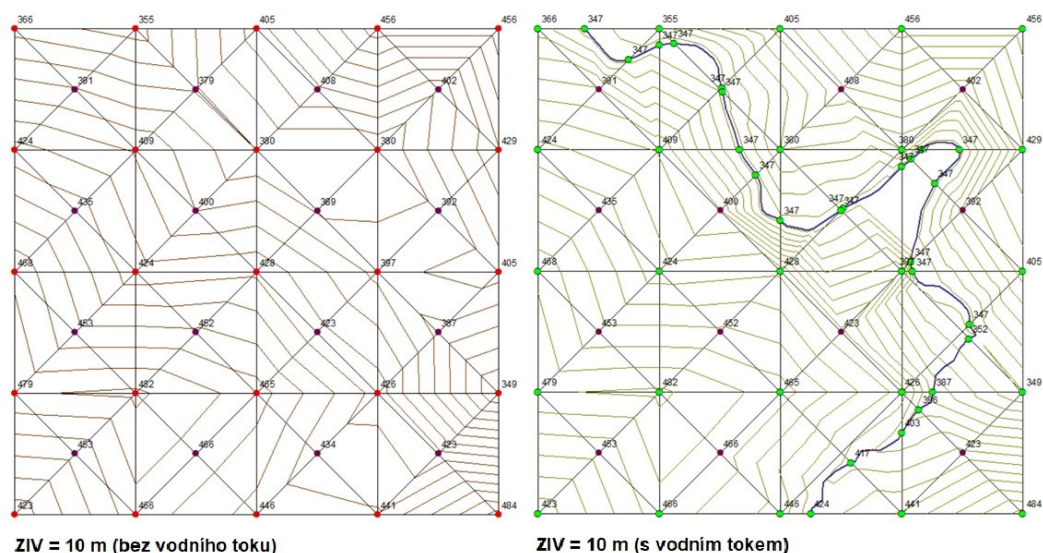


Obr. 28: Grafické znázornění výsledných variant v závislosti na délce vrstevnic DMÚ 25 a výsledku lineární interpolace.

Zdroj: Autorka.

Vliv vybraného vodního toku na zaplněnost výsledné mapy

Vliv na zaplněnost vzniklé mapy má členitost území, průběh a zejména výška vybraného vodního toku. Jak dokazuje Obr. 29, výsledek lineární interpolace se liší v případě zahrnutí vybraného vodního toku do výpočtů. V případě zanedbání vlivu vodního toku je počet vrstevnic vzniklých lineární interpolací v testované variantě pouze 100 linií. Pokud je vodní tok do analýzy zahrnut, počet linií je 148.



Obr. 29: Výsledek skriptu lineární interpolace – zaplněnost území.

Vlevo – varianta bez zohlednění vodního toku. Vpravo – zohlednění vodního toku výrazně mění zaplněnost území. Zdroj: Autorka

Mapa povodí

Průměrný počet povodí byl ve výsledném souboru variant 11,6 povodí, což odpovídá stanovené ideální variantě. Minimum bylo 7 a maximum 17 povodí. Průměrná délka vodních toků v území byla 17,7 km. Minimum bylo 10 km a maximum 35 km vodních toků. Prokázána byla závislost délky vodních toků na počtu vymezených povodí. Řádovost vodních toků se pohybovala od 2 do 5 řádů, kdy: 2 řády se vyskytly pouze v 16 variantách; 3 řády, které byly určeny jako ideální se vyskytly v 168 variantách; 4 řády v 59 variantách a 5 řádů se vyskytlo pouze v 5 variantách. K vynechání řádovosti došlo v 17 případech, z toho pouze třikrát byly vynechány řády dva. Rozvodnice 1. řádu s délkou větší než 500 m, prochází 30 z 250 vybraných variant.

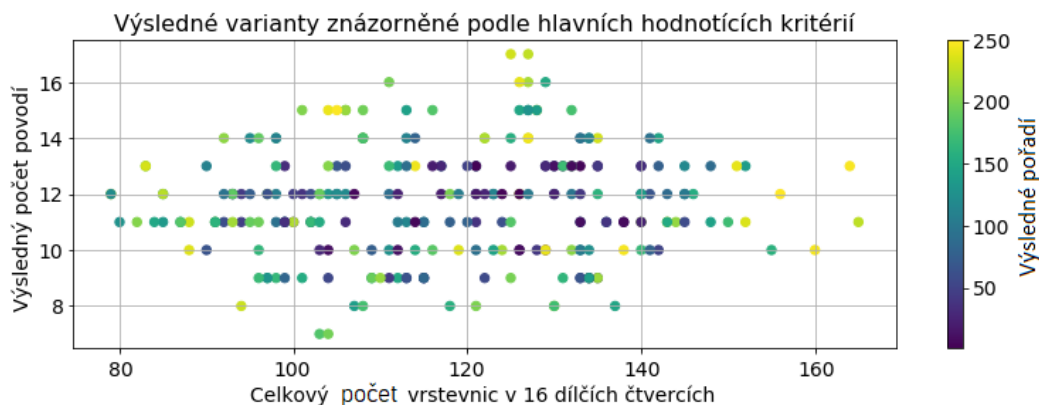
Mapa generalizace

Délka železnice byla omezena v předvýběru. Ve výsledném souboru byla minimální hodnota 3 km, maximální hodnota 9 km a průměrná hodnota 5,1 km. Délka silnic je v souboru variant rovnoměrně rozložená – průměrná délka silnice byla 13,6 km, minimální

6,1 km a maximální 20,8 km. Průměrná rozloha zástavby, tj. zastavěná plocha, byla 1,07 km², minimální 0,35 km² a maximální 1,99 km². Vodní nádrž s vhodnou rozlohou (větší než 62 500 m² a menší než 500 000 m²) se vyskytla ve 115 variantách. Při hodnocení vlivu rozlohy vodní nádrže na výsledné pořadí variant nebyla nalezena závislost. Pokud se ale zhodnotil vliv pouze na pořadí pro mapu povodí, závislost je zřejmá. Jedná se o kritérium ohodnocené nejvíce body.

Vliv hlavních hodnotících kritérií

Jako hlavní kritérium hodnocení byl v mapě povodí určen počet povodí a v mapě hypsometrie počet vrstevnic vzniklých lineární interpolací. Obě tato kritéria měla největší vliv na zaplněnost výsledné mapy. Jejich vliv na výsledné pořadí je zřejmý z Obr. 30. Tmavě modrou barvou jsou znázorněny nejlépe ohodnocené varianty, které se pohybují okolo průměrných hodnot těchto dvou kritérií.



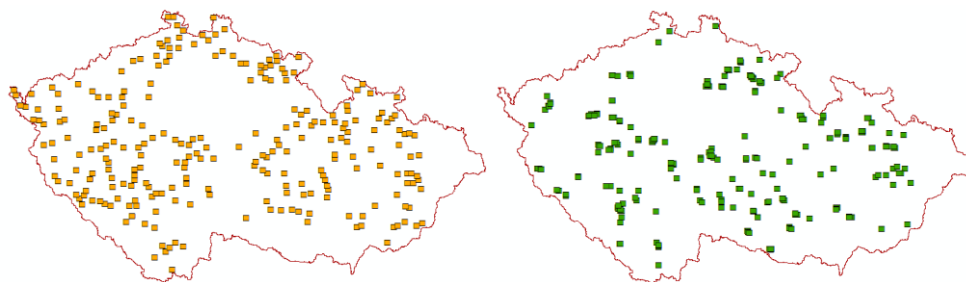
Obr. 30: Grafické znázornění výsledných variant v závislosti na počtu vymezených povodí a výsledku lineární interpolace.

Zdroj: Autorka.

4.2 Porovnání současného souboru zadání s nově vybranými variantami

Soubor v současné době používaných zadání se skládá z 253 území. Autorka práce měla k dispozici souřadnice středových bodů stávajících čtverců a informaci o doporučeném ZIV. Tento soubor byl porovnán s 250 nově vybranými variantami území. Pouze v sedmi případech se jejich poloha shodovala. V 72 případech se stávající území z části překrývalo s nově vybranými variantami. Plochy překryvu byly různé. V Příloha 12 je tabulka, ve které je u každé stávající mapy uvedena plocha překryvu s nově vybranými variantami. Celkově se plocha stávajících území z 12,5 % shodovala s plochou nově vybraných území. Rozmístění stávajících a nově vybraných variant je na Obr. 31, ze kterého je vidět, že

v současném souboru zadání nebyl mezi jednotlivými variantami tak častý překryv jako tomu je u nově vybraných variant.



Obr. 31: Rozmístění nově vybraných a stávajících variant v území.
Vlevo – stávajících 253 variant. Vpravo – výsledných 250 variant (území 4×4 km znázorněno symbolem, rozloha neodpovídá). Zdroj: Autorka.

4.3 Porovnání navržené metodiky s ruční tvorbou studentů

Ohodnocení postupu zpracování zadaného úkolu, řešeného v této diplomové práci, bylo založeno na porovnání výsledků navržených způsobů výpočtu hodnotících kritérií s ruční prací studentů v několika testovacích územích. Pro porovnání bylo předpokládáno, že student neudělal chybu a dodržel zadání, podle kterého byla metodika naprogramována.

Z 253 v současné době používaných zadání, měla autorka k dispozici 54 ručně zpracovaných map hypsometrie a 92 ručně zpracovaných map povodí. Tyto mapy jsou ruční prací studentů z let 2016 až 2017. Z těchto map byla na začátku práce zpracována kapitola 3.2, kde byly rozebrány nalezené nedostatky. Na závěr práce byl celý soubor současně používaných zadání ohodnocen i s využitím nově navržených metod. Cílem bylo určit základní charakteristiky pro celý soubor 253 zadání. V tabulce v Příloha 12 jsou tyto základní charakteristiky uvedeny.

Průměrný počet povodí byl v současném souboru zadání 12,2 polygonů. Řádovost se pohybovala od 2 do 6 řádů, kdy: 2 řády se vyskytly ve 13 variantách, 3 řády se vyskytly ve 114 variantách, 4 řády ve 101 variantách, 5 řádů se vyskytlo ve 12 variantách a 6 řádů se vyskytlo pouze v jedné variantě.

Pro mapu hypsometrie nebylo možné zpracovat takto souhrnou statistiku, jelikož se automaticky vybraný vodní tok ne vždy shodoval s vodním tokem, který byl v současném souboru zadání označen jako hlavní. Shoda nastala pouze v 9 ze 20 zkoumaných případů. Nikde nebyla objevena zásadní chyba. Často byl při automatické analýze území vybrán jako hlavní vodní tok jeden z přítoků označené řeky. Nebylo proto možné určit počet zadání u kterých byl špatně určen ZIV.

Porovnání map hypsometrie

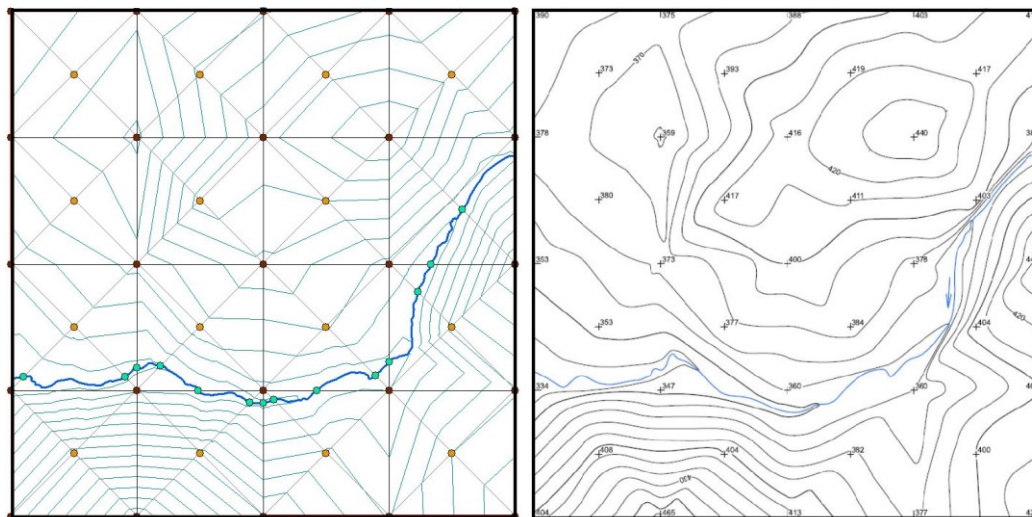
Ze současného souboru zadání bylo s ruční tvorbou porovnáno 5 map hypsometrie. U těchto map byl automaticky vybraný hlavní vodní tok shodný s tím, který byl využit při ruční práci a současně se doporučený ZIV v mapě tvořené ručně shodoval s tím, který byl pro dané území doporučen na základě analýzy.

Výsledky analýzy byly téměř shodné s ruční tvorbou, maximální rozdíl byl dvě vrstevnice, viz tabulka níže.

Tabulka 2: Počty vrstevnic v porovnávaných mapách.

Číslo zadání	ZIV [m]	Počet vrstevnic ruční tvorba	Počet vrstevnic analýza	Rozdíl (ruční tvorba – analýza)
139	10	114	113	1
161	10	164	162	2
208	10	113	113	0
219	5	114	144	0
235	5	160	158	2

Jako příklad je na Obr. 32 zobrazen výsledek mapy hypsometrie u zadání č. 208. Odevzdaná mapa měla při doporučeném ZIV 10 m počet vrstevnic v 16 dílčích čtvercích roven 113. Automaticky vygenerované řešení mělo také 113 linií. Tím bylo ověřeno, že aplikovaný postup výpočtu je shodný s ruční prací studentů.



Obr. 32: Porovnání výsledků lineární interpolace.

Vlevo – výsledek automatického generování vrstevnic, vhodný ZIV = 10 m. Zdroj: Autorka.
Vpravo – odevzdaná mapa s ručně vytvořenými vrstevnicemi. Zdroj: Derková Nikola (2017).

Porovnání map povodí

Ze současného souboru zadání bylo s ruční tvorbou porovnáno 15 náhodně vybraných map povodí, viz tabulka 3. Průměrný rozdíl počtu povodí nakreslených ručně v porovnávaných mapách a počtem, určeným automaticky s využitím navržené metody byl 1,53 povodí. Ve čtyřech zadáních se počet povodí shodoval. Ve 2 případech bylo analýzou určeno méně povodí, než nakreslil student. Největší rozdíl byl u zadání č. 210 a to 5 vymezených povodí. Při kontrole podkladové topografické mapy došla autorka k závěru, že student, který tvořil tuto mapu nedodržel zadání a vypustil při kresbě více vodních toků, než měl. To způsobilo daný rozdíl a zároveň vyvrátilo předpoklad pro porovnávání. Počet řádů vodních toků se lišil v 1 případě (u zadání č. 121), a to pouze o jeden řád, což je pravděpodobně způsobeno využitím dat DIBAVOD místo vodních toků DMÚ 25.

Zajímavým zjištěním byla odlišnost řádovosti vodních toků u zadání č. 101. Student v mapě pracoval s 3. až 5. řádem. Analýza určila také tři řády, ale jako nejnižší byl určen 5. řád. Při kontrole bylo zjištěno, že student v mapě označil řeku Skalici jako tok 3. řádu a uvedl, že se vtéká do Vltavy a ta do Labe. Řeka Skalice se ale zleva vlévá do Lomnice, ta do Otavy a až poté do Vltavy a Labe. Byla tedy nalezena další chyba v odevzdané mapě.

Tabulka 3: Počty povodí a řádovost vodních toků v porovnávaných mapách.

Číslo zadání	Počet povodí			Počet řádů vodních toků (nejnižší, nejvyšší řád)	
	ruční tvorba	analýza	rozdíl*	ruční tvorba	analýza
58	11	10	1	3 (3, 5)	3 (3, 5)
101	12	13	-1	3 (3, 5)	3 (5, 7)
103	13	14	-1	3 (3, 5)	3 (3, 5)
109	11	13	-2	3 (3, 5)	3 (3, 5)
121	15	13	2	3 (2, 4)	4 (2, 5)
150	10	13	-3	3 (3, 5)	3 (3, 5)
171	18	18	0	3 (4, 6)	3 (4, 6)
185	8	8	0	3 (3, 5)	3 (3, 5)
210	9	14	-5	3 (4, 6)	3 (4, 6)
226	9	11	-2	2 (3, 4)	2 (3, 4)
228	13	17	-4	4 (4, 7)	4 (4, 7)
231	6	7	-1	3 (3, 5)	3 (3, 5)
232	8	8	0	3 (3, 5)	3 (3, 5)
234	8	9	-1	3 (2, 4)	3 (2, 4)
238	11	11	0	3 (4, 6)	3 (4, 6)

* rozdíl = ruční tvorba – analýza

5 Diskuze

V literatuře se setkáváme s pojmy jako je multikriteriální analýza, multikriteriální hodnocení, multikriteriální rozhodování, vícekriteriální hodnocení atd. Vždy se jedná o hodnocení na základě více předem stanovených kritérií, u kterých se stanovením váhy definuje jejich význam.

Hodnotit lze prakticky cokoli. Jak je v teoretické části práce uvedeno, využití multikriteriálního hodnocení je možné napříč všemi obory. Pro potřeby územního plánování se hodnotí potenciál krajiny. V kartografii se poté můžeme setkat s hodnocením modelu krajiny, s hodnocením podkladové mapy pro tvorbu dalších děl či s hodnocením map z hlediska estetiky a uživatelské vstřícnosti (Bláha, 2006).

Pokud se na zmiňované příklady podíváme s nadhledem, vždy se jedná o snahu objektivizovat rozhodnutí. Je velmi důležité vybrat vhodnou metodu hodnocení, jelikož multikriteriální hodnocení variant obecně neposkytuje jedno jediné řešení a výsledné řešení je ovlivněno volbou vah a použitou metodou (Brožová a kol., 2003). V případě této práce bylo předmětem hodnocení území zachycené na topografické mapě 1 : 25 000.

Univerzálnost navrženého řešení

Každý problém, který vede k použití multikriteriálního hodnocení, je specifický. Nelze tedy aplikovat jednotný postup. Vždy se liší cíl úkolu a na něj navázána hodnotící kritéria. Navržený postup multikriteriálního hodnocení je i v této práci velmi specifický. Vychází ale z obecného přístupu popsaného v teoretické části práce.

Díky vytvoření skriptů pro automatizaci postupu je možné celý výpočet kdykoliv pustit znovu. Limitní hodnoty kritérií, použitých při předvýběru variant, stejně tak jako vstupní data je možné měnit, čímž je zajištěna obecnost navrženého systému. Stačí tedy pouze změnit proměnné, které vstupují do výpočtu a jsou součástí konfiguračního souboru `config.py` či skriptů pro `jupyter` notebook. Tím je zajištěna univerzálnost přístupu a umožněno snadné zopakování jednotlivých analýz území.

Stanovení váhy kritérií

Při multikriteriálním hodnocení variant je možné využít dva přístupy. Při nízkém počtu variant je území, které nesplňuje základní požadavky, ohodnoceno nejnížší možnou

hodnotou. Druhým přístupem je vyloučení nevhodných variant, tzv. předvýběr území na základě booleovského hodnocení, kdy jsou na základě aspiračních úrovní, tzv. tvrdých kritérií, vyloučena ta území, která opravdu nechceme (Ručková, 2011). Z důvodu vysokého počtu variant byl zvolen druhý způsob. Smyslem tohoto přístupu bylo ušetřit výpočetní čas a vyloučit tak varianty, které by z důvodu nesplnění některého z kritérií skončily v hodnocení špatně. Kritéria pro rozhodování tak byla rozdělena do dvou skupin – zábrany se stanovenou aspirační úrovní a hodnotící kritéria, u kterých byly expertním odhadem stanoveny váhy.

Pro stanovení vah u jednotlivých kritérií byla tedy zvolena bodovací metoda. Hodnocení bylo rozděleno do třech pilířů podle třech zpracovávaných map, a proto bylo v každé skupině relativně málo kritérií. I když patří párové porovnání mezi nejvyužívanější metody stanovení vah, nemělo podle autorky význam porovnávat tři až čtyři kritéria párově mezi sebou. Vždy bylo jedno kritériem hlavní a další jen doplňková. Předmětem další práce by tak mohla být podrobnější analýza vlivu vah na výsledek hodnocení. Další objektivizace by bylo možné docílit využitím více hodnotitelů.

Výběr metody TOPSIS

V případě potřeby minimalizovat riziko nesprávného zvolení metody pro multikriteriální analýzu je podle Žemličkové (2012) vhodné vybrat více metod a nastavit váhy pro jednotlivé metody. Výsledné kompromisní pořadí variant by se sestavilo na základě kombinace výsledného pořadí zvolených metod.

V předložené práci byla v hodnocení využita pouze metoda TOPSIS. Výhodou je její univerzálnost a objektivnost. Nevýhodou může být náročnost výpočtu. Při vysokém počtu hodnocených variant je ale vhodnější než jiné, jednodušší metody. Výsledné pořadí je podle úsudku autorky mnohem více ovlivněno stanovením váhy kritérií a definicí ideální varianty. V každém případě je vhodné se s různými metodami multikriteriální analýzy seznámit.

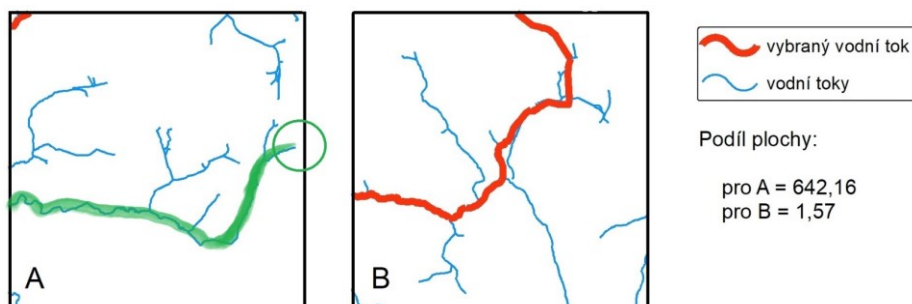
Vymezení povodí

Do výpočtu hodnotícího kritéria „počet povodí“ vstupovala data ze dvou zdrojů – výškopis DMÚ 25 a vodní toky DIBAVOD, které byly vymezeny s využitím výškopisu ZABAGED. Cílem hodnocení bylo získat počet povodí, nikoliv jejich přesné vymezení. Proto bylo možné posunutí závěrového profilu proti proudu vodního toku, což přispělo k přesnějšímu určení počtu povodí. Navržený postup vymezení povodí bylo možné aplikovat pouze na vymezení povodí pro zájmovou oblast. Výpočetní náročnost neumožnila použít tento postup na vymezení dílčích povodí pro území celého Česka.

Protože nebylo možné získat informaci o absolutní řádovosti všech rozvodnic v území, nebyla řádovost rozvodnic zahrnuta jako hodnotící kritérium. Zde je tedy prostor pro další zlepšení navrženého postupu.

Možnosti dalšího rozšíření

Navržený způsob výpočtu hodnotících kritérií je možné dále vylepšovat. V současně používaném souboru zadání existují varianty, kdy vybraný vodní tok pramení v území. Pro potřeby diplomové práce však byla stanovena podmínka, podle které hlavní vodní tok musí protékat celým územím. V případě některých hodnocených variant by však bylo vhodné jako hlavní tok určit ten, který v území pramení, viz Obr. 33. Je možné, že se touto podmínkou vyřadily jinak vhodné varianty. Další zlepšení či rozšíření výpočtu by tak mělo být v možnosti uměle prodloužit vybrané vodní toky k nejbližšímu okraji, aby bylo možné provést navrženou síťovou analýzu.



Obr. 33: Další možný přístup k výběru hlavního vodního toku.

Vlevo je zeleně vyznačen ten vodní tok, který by nevyřadil území z předvýběru. Zdroj: Autorka.

Problémy s použitými daty

V kapitole věnované zdrojům dat a poté v kapitole věnované ohodnocení jednotlivých variant jsou několikrát zmíněny problémy s daty, které vznikly použitím dvou datových zdrojů a jejichž řešení značně rozšířilo objem práce nutné k provedení dílčích prostorových analýz.

V datech DMÚ 25, které měla autorka práce k dispozici, chyběla vrstva kótovaných bodů a doplňkových vrstevnic. Ty měly být dalším zdrojem informací o výškopisu při tvorbě DMR. Vrstva kótovaných bodů v DMÚ 25, která byla k dispozici, je pouze bodová vrstva reprezentující polohu anotací. Problém s oddělenou polohovou a popisnou složkou zmiňoval už Langr (2001), když hodnotil využitelnost dat DMÚ 25 pro kartografické účely. Kótované body stejně jako doplňkové vrstevnice představují doplňující informaci. Při tvorbě DMR s rozlišením 5 m, jsou jako hlavní zdroj brány vrstevnice se ZIV 5 m. Při porovnání výsledků analýz s ruční prací studentů nebyly zjištěny závažné rozdíly. Maximální rozdíl v počtu linií byl 2, což je pravděpodobně způsobeno právě absencí

doplňkových dat o výškopise. Řešením či možným vylepšením by byla ruční vektorizace kótovaných bodů podle RETM 25, která ale s ohledem na počet hodnocených variant nebyla uskutečnitelná.

Zanedbatelný však není vliv absence topologického modelu říční sítě v datech DMÚ 25, který mohl mít vliv na správnost jednotlivých analýz. Navržený postup výběru vodních toků DIBAVOD na základě obalové zóny dat DMÚ 25 je jedním z možných způsobů, jak vyřešit problém s chybějícími daty, které jsou nezbytné pro provedení analýz. Pokud byl vodní tok součástí obou datových zdrojů – DIBAVOD i DMÚ 25, byl navrženým způsobem do analýzy zahrnut. Pokud byl vodní tok součástí pouze dat DIBAVOD, byl z analýzy vypuštěn. Pokud byl ale vodní tok součástí pouze dat DMÚ 25 a chyběl v datech DIBAVOD, nebyl do výpočtů zahrnut. To mohlo negativně ovlivnit srovnání automatizovaného postupu s ruční prací studenta, který pracuje s podkladovou mapou RETM 25, jejíž součástí daný vodní tok je. Navržený postup byl ověřen na patnácti zájmových územích, kde se počet automaticky vypočtených povodí od povodí tvořených studentem lišil. Proto byl ideální počet povodí určen intervalem od 10 do 13, aby se tím ošetřil případný chybně určený počet povodí. Řešením by byla oprava topologie stávajících dat DMÚ 25.

Absence dat absolutní řádovosti vodních toků, která byla také nezbytná k ohodnocení území, byla vyřešena postupným výběrem. Výsledek 99,6 % délky vodních toků s určenou absolutní řádovostí je podle autorky uspokojivý. Přesnost výsledku nebylo možné zkontrolovat pro celé území Česka. Kontrola navrženého postupu proběhla pouze pro 100 nejvýznamnějších vodních toků pro které byla absolutní řádovost známá. Zde se ve všech případech výsledek navrženého postupu shodoval s referenčními daty. Při výběru variant byla aplikována podmínka výskytu maximálně pěti řádů v území. Tím bylo ošetřeno, že se do výběru nedostanou území, kde je hydrografická situace komplikovaná, například z důvodu přítomnosti velkého množství kanálů.

Podobnost se současně používaným souborem zadání

Jedním z důvodů toho, proč nebylo vybráno více v současné době používaných zadání, byla nově přidaná podmínka na výskyt významné rozvodnice (3. řád DIBAVOD), která nebyla aplikována při výběru v současné době používaných map.

6 Závěr

Primárním cílem této diplomové práce bylo zpracovat multikriteriální analýzu nad rozsáhlými prostorovými daty a ohodnotit tak vhodnost území z hlediska potřeb pro ruční tvorbu mapy hypsometrie, mapy povodí a mapy generalizace. Tvorba těchto studentských prací je součástí výuky kartografie na Přírodovědecké fakultě UK. Každý student dostává na začátku semestru svoje zadání, se kterým dále pracuje. Učí se číst z mapy důležité informace, analyzovat je a nad přidělenou topografickou mapou tvořit mapy nové. V dosud využívaném souboru zadání byly identifikovány určité nedostatky, které měly negativní vliv na časovou náročnost vypracovávaných úkolů.

Lze konstatovat, že cíle práce byly naplněny. Na základě navržené metodiky bylo naprogramováno několik funkcí, které byly využity k ohodnocení území. Vycházely z předem definovaných požadavků na území a na tvorbu jednotlivých map. Zdrojem informací o krajině byly prostorové analýzy založené na přesné definici hodnotících kritérií. Právě přesná specifikace hodnotících kritérií a jejich vah byla předmětem výzkumu. Váhy byly určeny expertním odhadem. To otevírá prostor k dalšímu výzkumu, který se může zabývat například vlivem stanovených vah na pořadí dané varianty. V případě hodnocení krajinného potenciálu za účelem územního plánování jsou limity pro území závazné. V případě této práce byly limity stanoveny na základě podrobné analýzy dat, formalizace požadavků a diskuze s vyučujícími kartografie. Tím byla zajištěna dostatečná objektivizace hodnocení. Díky znalosti hodnotících kritérií tak mohla být posouzena vhodnost území a jeho náročnost ke zpracování.

Identifikováno bylo 250 nejvhodnějších území, které splňovaly předem definované požadavky na území. Výsledný soubor variant byl vybrán s využitím metody TOPSIS, která je stále častěji využívána k analýzám z oblasti řízení životního prostředí. Dále byly vytvořeny podklady pro hodnocení nového souboru zadání. Výsledky této diplomové práce budou využity v nadcházejících letech v rámci výuky kartografie.

POUŽITÁ LITERATURA

- BEHZADIAN, M. a kol. (2012): *A state-of-the-art survey of TOPSIS applications*. Expert Systems with Application, 39, č. 17, s. 13051-13069.
- BLÁHA, J. D. (2006): *Návrh postupu hodnocení kartografických děl z hlediska estetiky a uživatelské vstřícnosti*. Geografický a kartografický obzor, roč. 52, č. 5, s. 92-97.
- BROŽOVÁ, H., HOUŠKA, M., ŠUBRT, T. (2003): *Modely pro vícekriteriální rozhodování*. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, Provozně ekonomická fakulta. 172 s. ISBN 80-213-1019-7.
- BURIAN, J. (2014): *Geoinformatika v prostorovém plánování*. Univerzita Palackého v Olomouci. 130 s. ISBN 978-80-244-4104-7.
- CURTIN, K. M. (2007): *Network Analysis in Geographic Information Science: Review, Assessment, and Projections*. Cartography and Geographic Information Science, 34, č. 2, s. 103-111.
- DOUBRAVOVÁ, H. (2009): *Vícekriteriální analýza variant a její aplikace v praxi*. Diplomová práce. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Ekonomická fakulta, Katedra aplikované matematiky a informatiky. České Budějovice.
- ESRI (2006): *Linear Modeling with Networks*. ESRI Technical Paper. 47 s.
- FOTR, J., DĚDINA, J., HRŮZOVÁ, H. (2003): *Manažerské rozhodování*. 3. vyd. Praha: Ekopress, 250 s. ISBN 80-86119-69-6.
- JANÍKOVÁ, V. (2009): *Stanovení potenciálu krajiny a zpřístupnění výsledků za využití internetových technologií*. Diplomová práce. Univerzita Palackého v Olomouci, Přírodovědecká fakulta. Olomouc.
- JEDLIČKA, K., MENTLÍK, P. (2002): *Hydrologická analýza a výpočet základních morfometrických charakteristik povodí s využitím GIS*. Sborník GEOINFORMATIKA z XX. Sjezdu ČGS v Ústí nad Labem. s. 46-58. ISBN: 80-7044-410-X.
- KLOSTERMANN, R. E. (1999): *The What-if? Collaborative Planning Support system*. Environment and Planning B: Planning and Design, roč. 26, s. 393-408.

- KOLEJKA, J., POKORNÝ, J. (1999). *Využití integrovaných digitálních dat v územním plánování na bázi krajinného potenciálu*. 1. vyd. Olomouc: Univerzita Palackého Olomouc. ISBN 80-244-0003-0
- LANGR, J. (2001): *Využití datové báze DMÚ 25 pro kartografické účely*. Příspěvek v rámci konference GIS Ostrava 2001. [online]. [cit. 2. 6. 2018] Dostupné z: http://gisak.vsb.cz/GIS_Ostrava/GIS_Ova_2001/Sbornik/Referaty/langr.html
- LYSÁK, J. (2016): *Prezentace ke cvičením z Kartografie*. Přírodovědecká fakulta Univerzity Karlovy. Praha. [online]. [cit. 2. 6. 2018]. Dostupné studentům v prostředí Moodle.
- MALCZEWSKI, J., RINNER, C. (2015): *Multicriteria Decision Analysis in Geographic Information Science*, Advances in Geographic Information Science. New York: Springer. 1. vyd. 331 s. ISBN 978-3-540-74757-4.
- MALCZEWSKI, J. (2010): *Multiple criteria decision analysis and geographic information systems*. In: Trends in multiple criteria decision analysis. Springer. s. 369-395. ISBN 978-1-4419-5904-1.
- MALCZEWSKI, J. (2006): *GIS-based multicriteria decision analysis: A survey of the literature*. International Journal of Geographical Information Science, roč. 20, č. 7, s. 703-726.
- MALIKI, A., OWENS, G., BRUCE, D. (2012): *Combining AHP and TOPSIS Approaches to Support Site Selection for a Lead Pollution Study*. 2nd International Conference on Environmental and Agriculture Engineering . IPCBEE č.37. IACSIT Press, Singapore.
- PECHANEC, V (2006). *Nástroje podpory rozhodování v GIS*. Olomouc: Vydavatelství Univerzity Palackého v Olomouci, 104 s. ISBN 80-244-1553-4.
- RUČKOVÁ, I. (2011): *Srovnání rozhodovacích strategií v GIS*. Diplomová práce. Univerzita Palackého v Olomouci, Přírodovědecká fakulta. Olomouc.
- RŮŽIČKA, M. (2000): *Krajinoekologické plánovanie – LANDEP I*. (Systémový prístup v krajinnej ekológii), Bratislava. 199 s. ISBN: 80-968030-2-6.
- ŠŤASTNÝ, Stanislav (2013): *Hodnocení optimální využitelnosti území pomocí analytické nadstavby GIS*. Rigorózní práce. Univerzita Palackého v Olomouci, Přírodovědecká fakulta. Olomouc.
- ZWICK, P., CARR, M. (2007): *Smart Land-Use Analysis, The LUCIS Model*. ESRI Press, Redlands. 292 s. ISBN 978-1-58948-174-9.

ŽEMLIČKOVÁ, J. (2012): *Hodnocení vybraných zemí EU za podpory metod multikriteriálního hodnocení variant*. Diplomová práce. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Ekonomická fakulta, Katedra aplikované matematiky a informatiky. České Budějovice.

INTERNETOVÉ ZDROJE

ESRI (2018a) – ArcGIS Blog: *How to Perform Spatial Analysis*. [online]. [cit 17. 7. 2018].

Dostupné z: <https://www.esri.com/arcgis-blog/products/product/analytics/how-to-perform-spatial-analysis/>

ESRI (2018b) – ArcGIS Desktop: ArcGIS Pro Tool Reference: *How Flow Direction works*

[online]. [cit 17. 7. 2018]. Dostupné z: <http://pro.arcgis.com/en/pro-app/tool-reference/main/arcgis-pro-tool-reference.htm>

URBAN PLANNER: *Software – Základní informace*. [online]. [cit. 10. 3. 2018].

Dostupné z: <http://www.urbanplanner.cz/software>

VÚGTK (2018): *Terminologický slovník zeměměřictví a katastru nemovitostí*. 2005 –

2015. [online]. [cit. 17. 7. 2018]. Dostupné z: <https://www.vugtk.cz/slovník/>

VÚV T.G.M. (2006): *Charakteristiky toku*. [online]. [cit. 6. 6. 2018]. Dostupné z:

http://www.dibavod.cz/data/text_charakteristiky_toku.pdf

VÚV T.G.M. (2017): *O projektu DIBAVOD*. [online]. [cit. 2. 6. 2018]. Dostupné z:

<http://www.dibavod.cz/17/geodatabase-dibavod.html>

ZÁKONY PRO LIDI.cz (2018): *Zákon č. 254/2011 Sb.: Zákon o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon)*. Účinnost od 1. 1. 2002. [cit. 6. 6. 2018]. Dostupné z:

<https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2001-254>

ZDROJE DAT

ARMÁDA ČR – VGHÚŘ Dobruška: DMÚ 25 – Digitální model území zpracovaný v měřítku 1 : 25 000. [vektorová databáze].

VÚV TGM (2018). Gravelius – absolutní řádovost pro 100 vodních toků. [ESRI SHP].

VÚV TGM (2017). Katalogový list DIBAVOD: A02 vodní tok (jemné úseky) [online].

[cit. 30. 11. 2017]. Dostupné z: <http://www.dibavod.cz/index.php?id=27>

VÚV TGM (2017). Katalogový list DIBAVOD: A08 povodí 3. řádu [online]. [cit. 30. 11. 2017]. Dostupné z: <http://www.dibavod.cz/index.php?id=27>

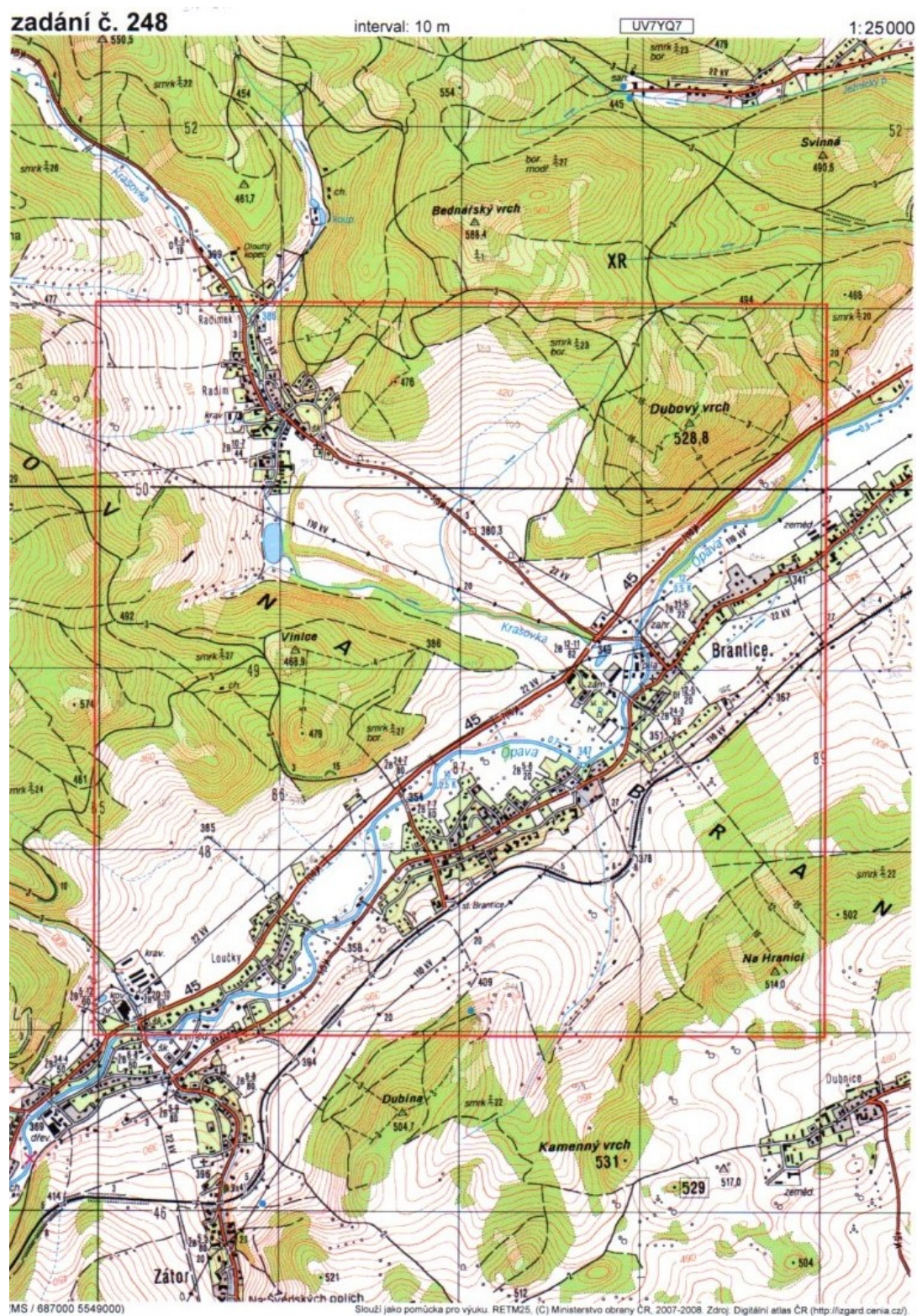
CENIA (2018): Národní geoportál INSPIRE: Mapy – prohlížečí služby. WMS CENIA
Rastrový ekvivalent topografické mapy 1 : 25 000. [online]. [cit. 30. 11. 2017].
Dostupné z: http://geoportal.gov.cz/ArcGIS/services/CENIA/cenia_rt_RET/MapServer/WMSServer?service=WMS&request=GetCapabilities&version=1.3.0

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1: Ukázka území zadávaného jako podkladová mapa	i
Příloha 2: Ukázka mapy hypsometrie	ii
Příloha 3: Ukázka mapy povodí	iii
Příloha 4: Ukázka mapy generalizace	iv
Příloha 5: Ukázky variant k hodnocení	v
Příloha 6: Výsledky přípravy dat – absolutní řád vodních toků	x
Příloha 7: Analýza kritérií s cílem určit limitní hodnoty pro převýběr území	xi
Příloha 8: Výsledek nasimulované ruční práce u mapy hypsometrie	xii
Příloha 9: Výsledek nasimulované ruční práce u mapy povodí	xiii
Příloha 10: Ukázka nově vytvořeného zadání	xiv
Příloha 11: Analýza 250 nejvhodnějších variant	xv
Příloha 12: Analýza současného souboru zadání	xviii
Příloha 13: Použité skripty	xxv
Příloha 14: Obsah CD	xxvi
Příloha 15: CD	volná příloha

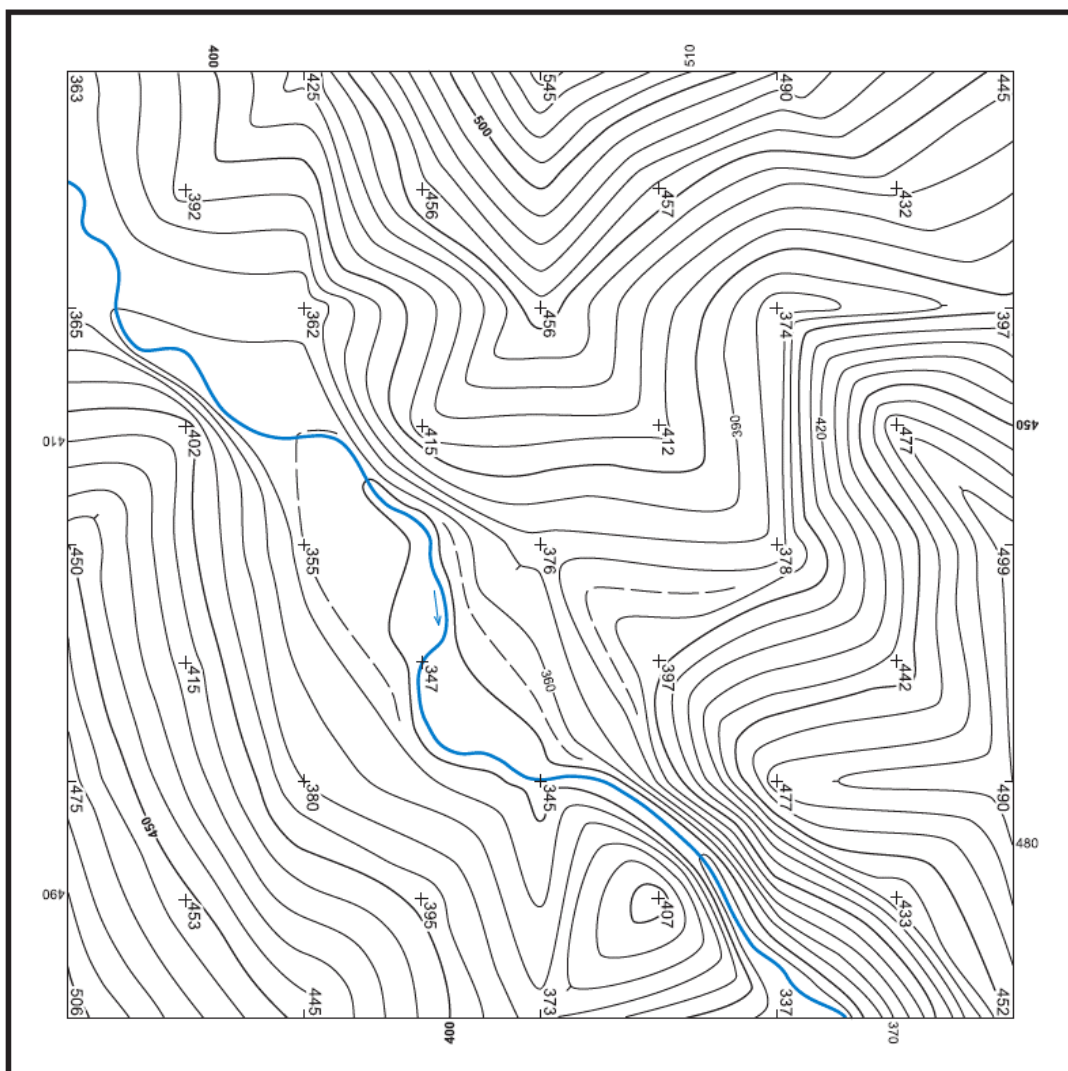
Příloha 1: Ukázka území zadávaného jako podkladová mapa

Zadání z roku 2012, nad kterým vznikly přiložené mapy, zmenšeno



Příloha 2: Ukázka mapy hypsometrie

Mapa vznikla nad podkladovým územím v příloze 1 (měřítko neodpovídá).



HYPOMETRIE

248 - Brantice

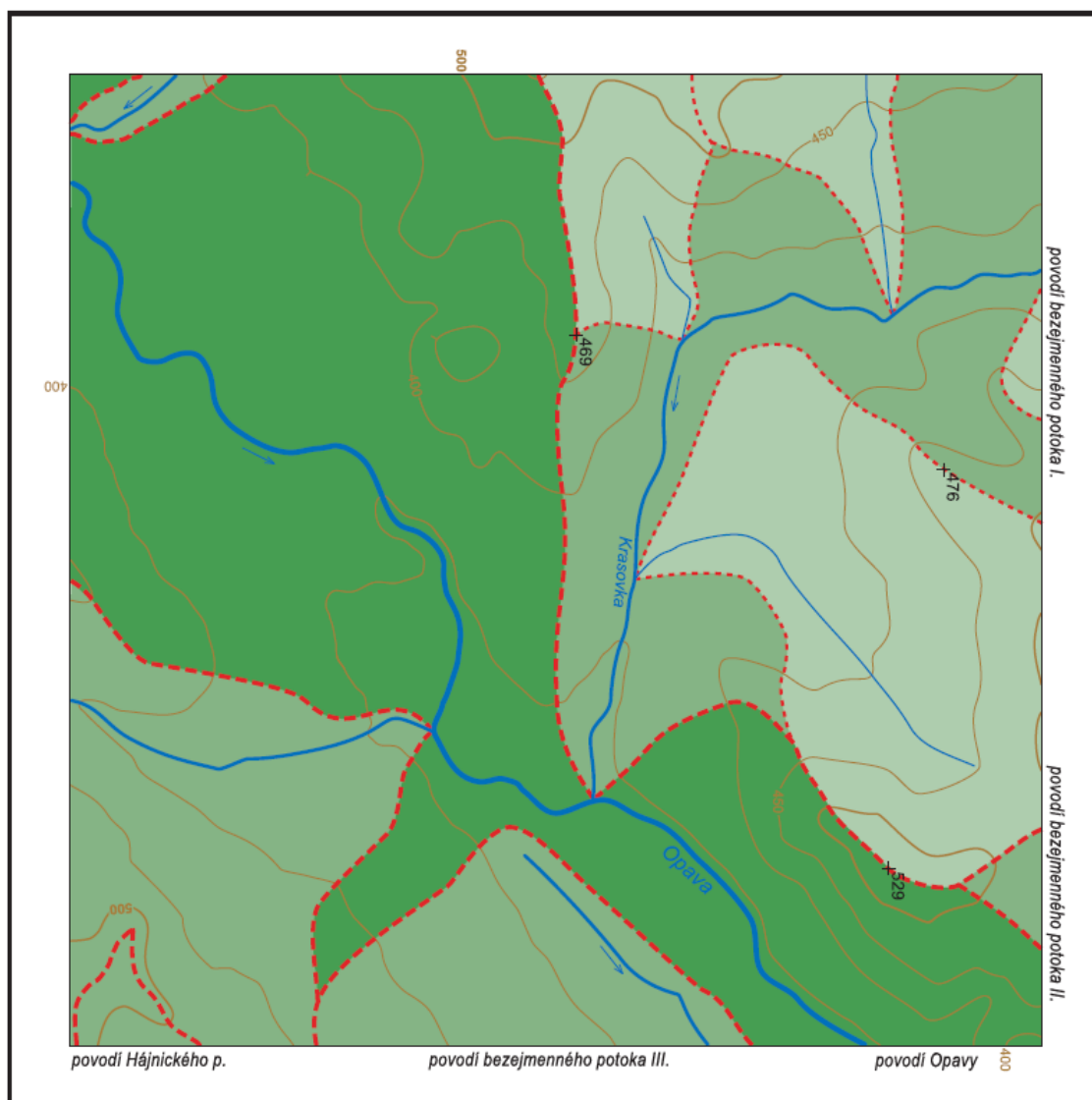
základní interval vrstevnic je 10 m

0 1 km
1 : 25 000

Karolína FENCLOVÁ
Praha 2012

Příloha 3: Ukázka mapy povodí

Mapa vznikla nad podkladovým územím v příloze 1 (měřítko neodpovídá).



POVODÍ 248 - Brantice

iii

Povodí

- II. řádu
- III. řádu
- IV. řádu

Vodní tok

- II. řádu
- III. řádu
- IV. řádu

Rozvodnice

- III. řádu
- IV. řádu

350' vřstevnice po 50 m
529 kotovaný bod

0 1 : 25 000 1 km

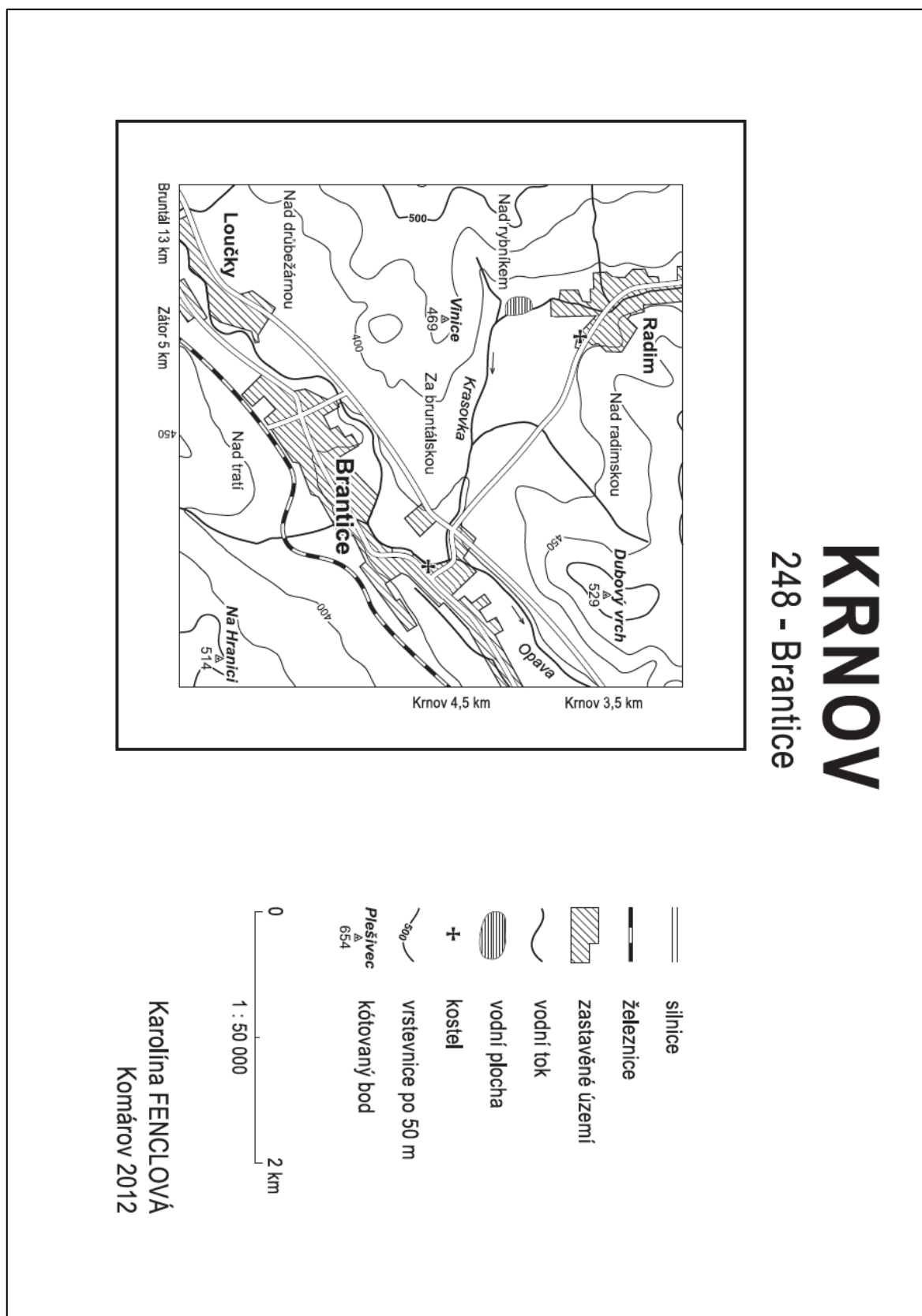
Doplňující informace o řádovosti

- Hájnický potok > Opava >>
- bezejmenný potok I. > Krasovka > Opava >>
- bezejmenný potok II. > Opava >>
- bezejmenný potok III. > Opava >>
- Opava > Odra (úmoří Baltského moře)

Karolína FENCLOVÁ
Komárov 2012

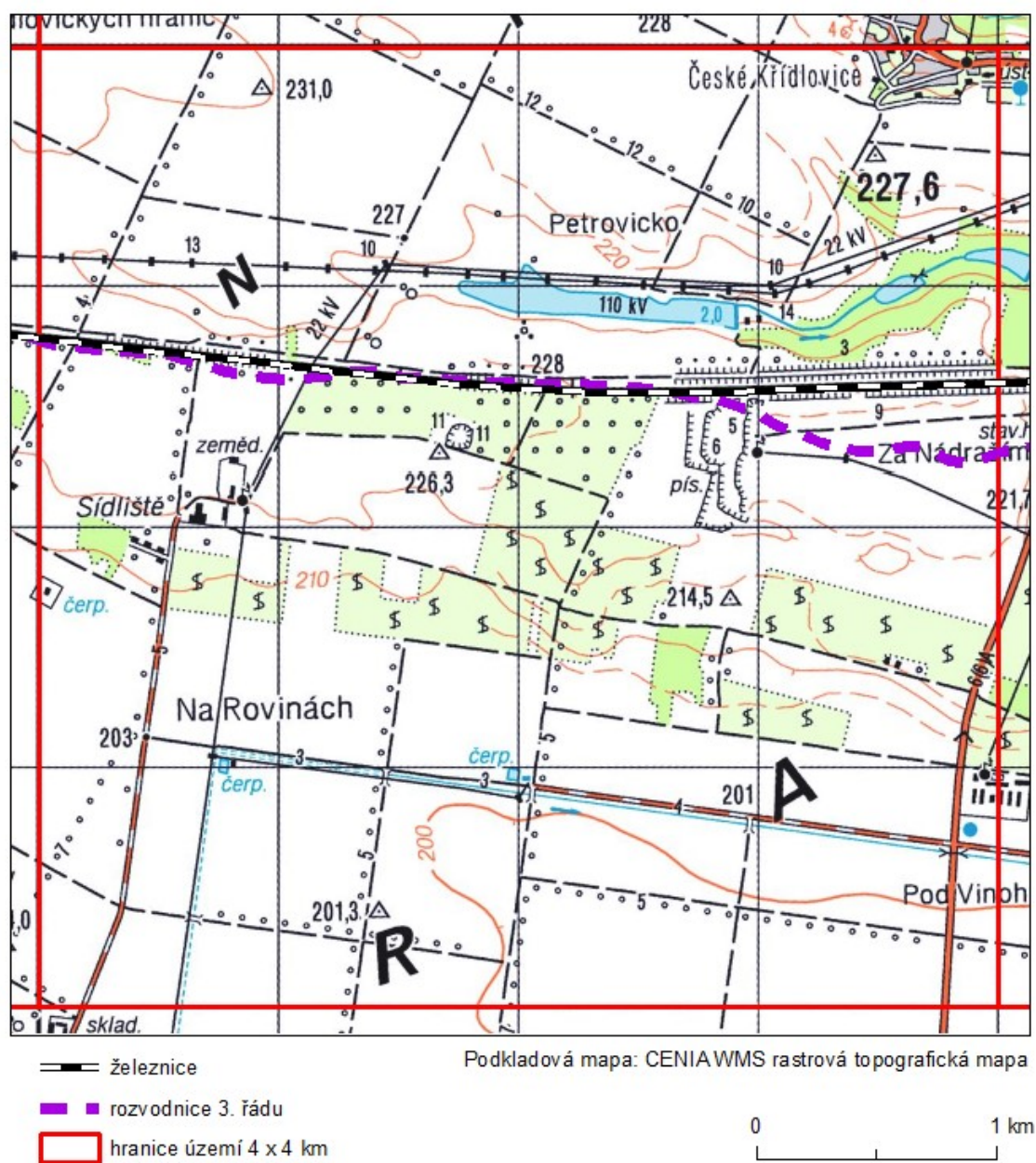
Příloha 4: Ukázka mapy generalizace

Mapa vznikla nad podkladovým územím v příloze 1 (měřítko neodpovídá).



Příloha 5: Ukázky variant k hodnocení

Nevhodné území (rovinaté)



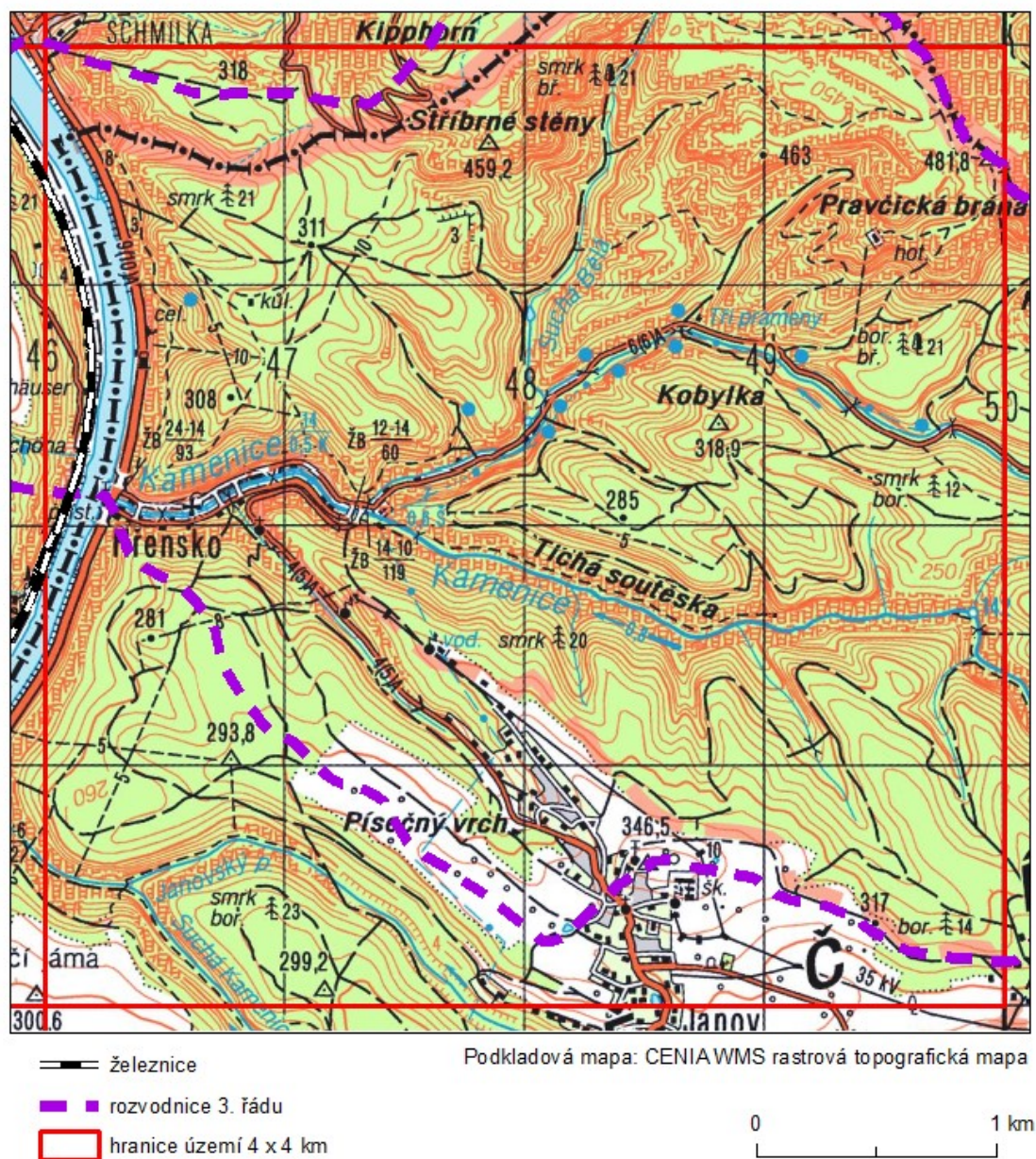
Splnění podmínek pro tvorbu variant:

- Výskyt železnice: ANO optimální délka
- Výskyt rozvodnice: ANO optimální délka

Problémy patrné na první pohled:

- Mapa hypsometrie: rovinaté území nevhodné k výuce čtení výškopisu
- Mapa povodí: téměř žádné vodní toky, žádný neprotíká přes celé území
- Mapa generalizace: zástavba minimálního rozsahu

Nevhodné území (skalnaté).



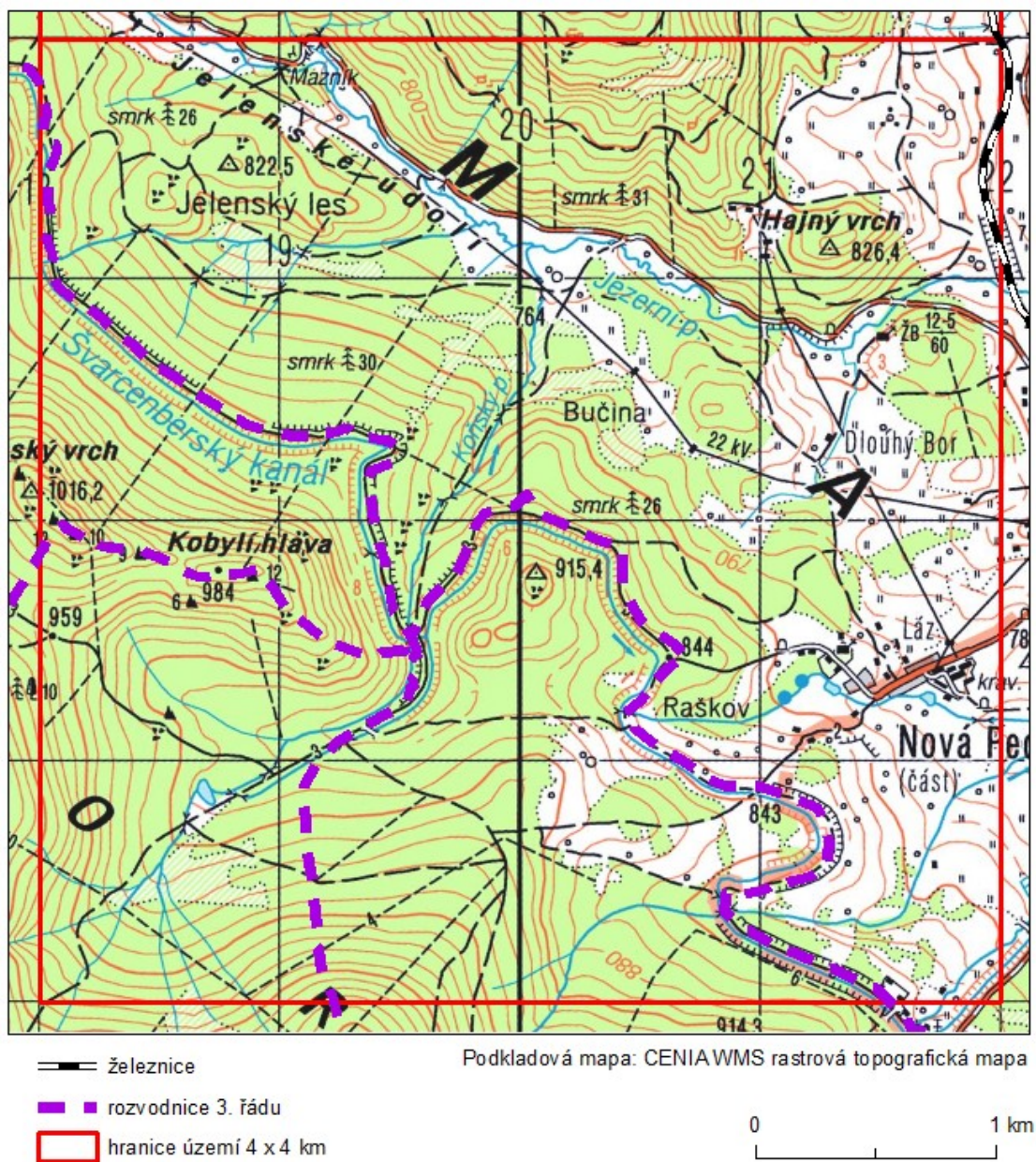
Splnění podmínek pro tvorbu variant:

- Výskyt železnice: ANO krátký úsek
- Výskyt rozvodnice: ANO několikrát

Problémy patrné na první pohled:

- Mapa hypsometrie: skalnaté území nevhodné k výuce čtení výškopisu (náročné, v místě skal nemožné)
- Mapa povodí: vodní toky přiměřené hustoty
- Mapa generalizace: zástavba minimálního rozsahu

Nevhodné území (komplikované pro tvorbu mapy povodí, chybí zástavba)



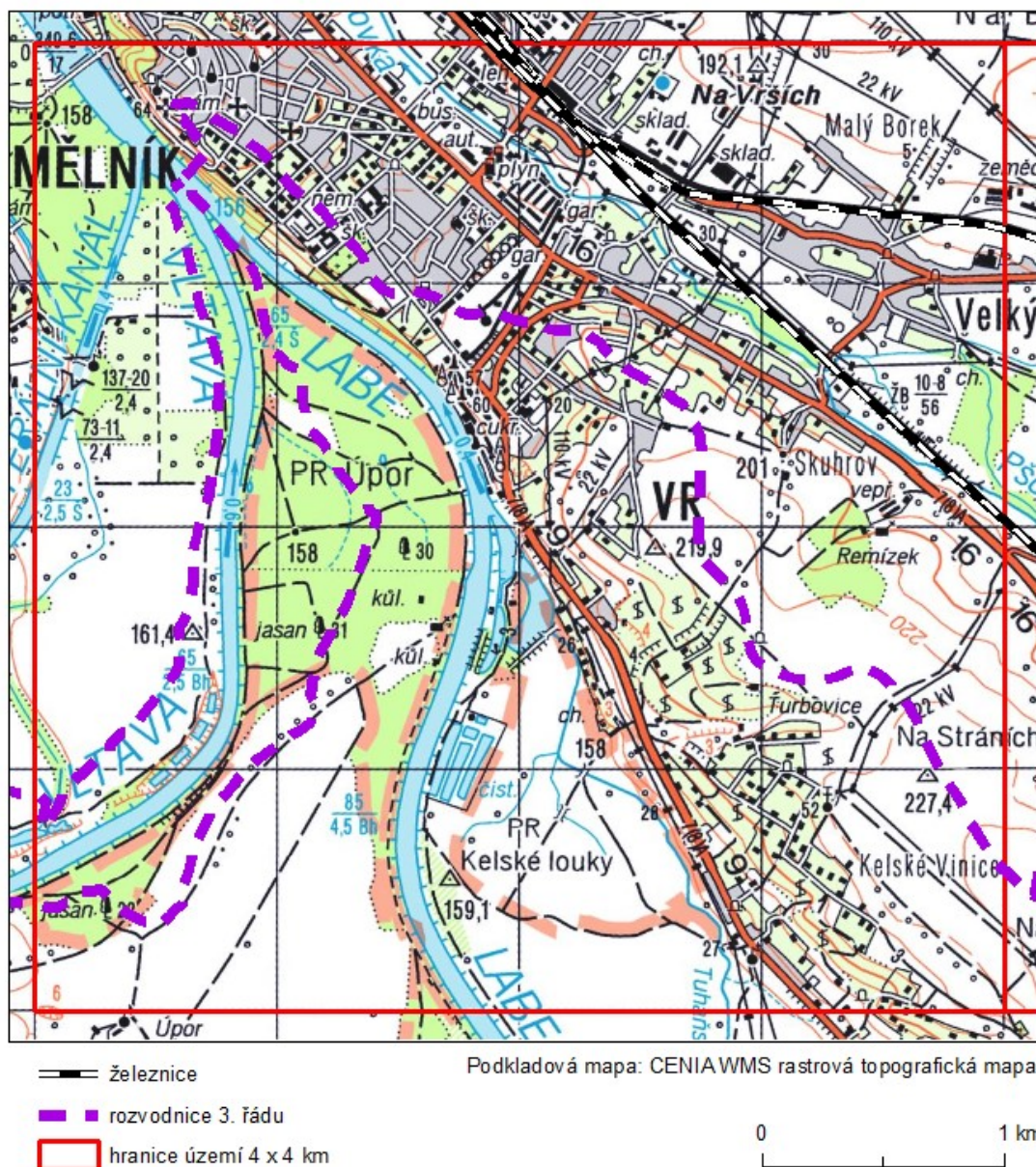
Splnění podmínek pro tvorbu variant:

- Výskyt železnice: ANO krátký úsek
- Výskyt rozvodnice: ANO příliš

Problémy patrné na první pohled:

- Mapa hypsometrie: na první pohled vhodné území
- Mapa povodí: příliš vodních toků (+ uměle vytvořené vodní kanály)
- Mapa generalizace: zástavba minimálního rozsahu

Nevhodné území (rovinaté území + rozsáhlá zástavba)



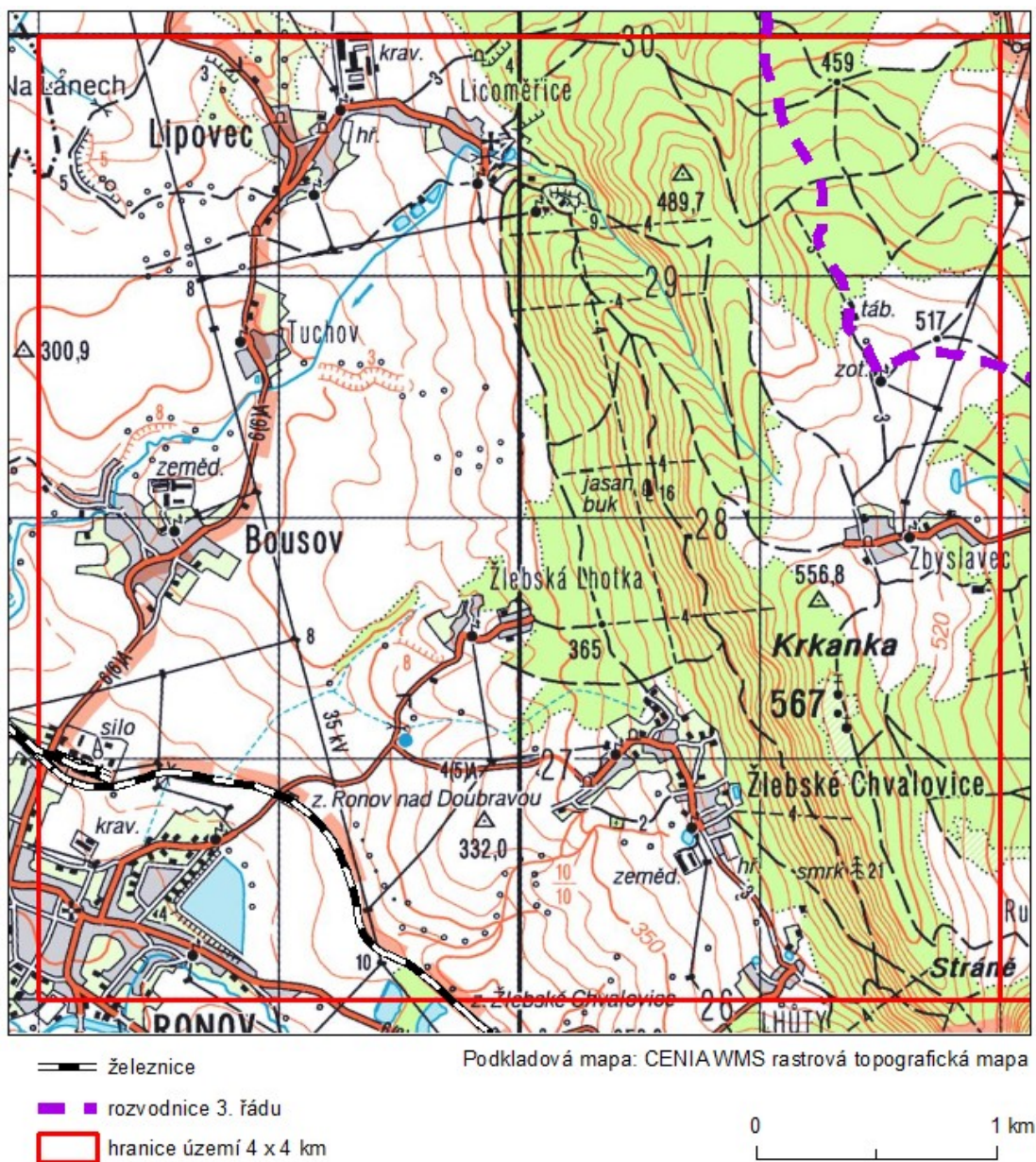
Splnění podmínek pro tvorbu variant:

- Výskyt železnice: ANO
- Výskyt rozvodnice: ANO

Problémy patrné na první pohled:

- Mapa hypsometrie: rovinnaté území nevhodné k výuce čtení výškopisu
- Mapa povodí: špatně čitelné pro mapu povodí
- Mapa generalizace: zástavba velkého rozsahu

Na první pohled vhodné území



Splnění podmínek pro tvorbu variant:

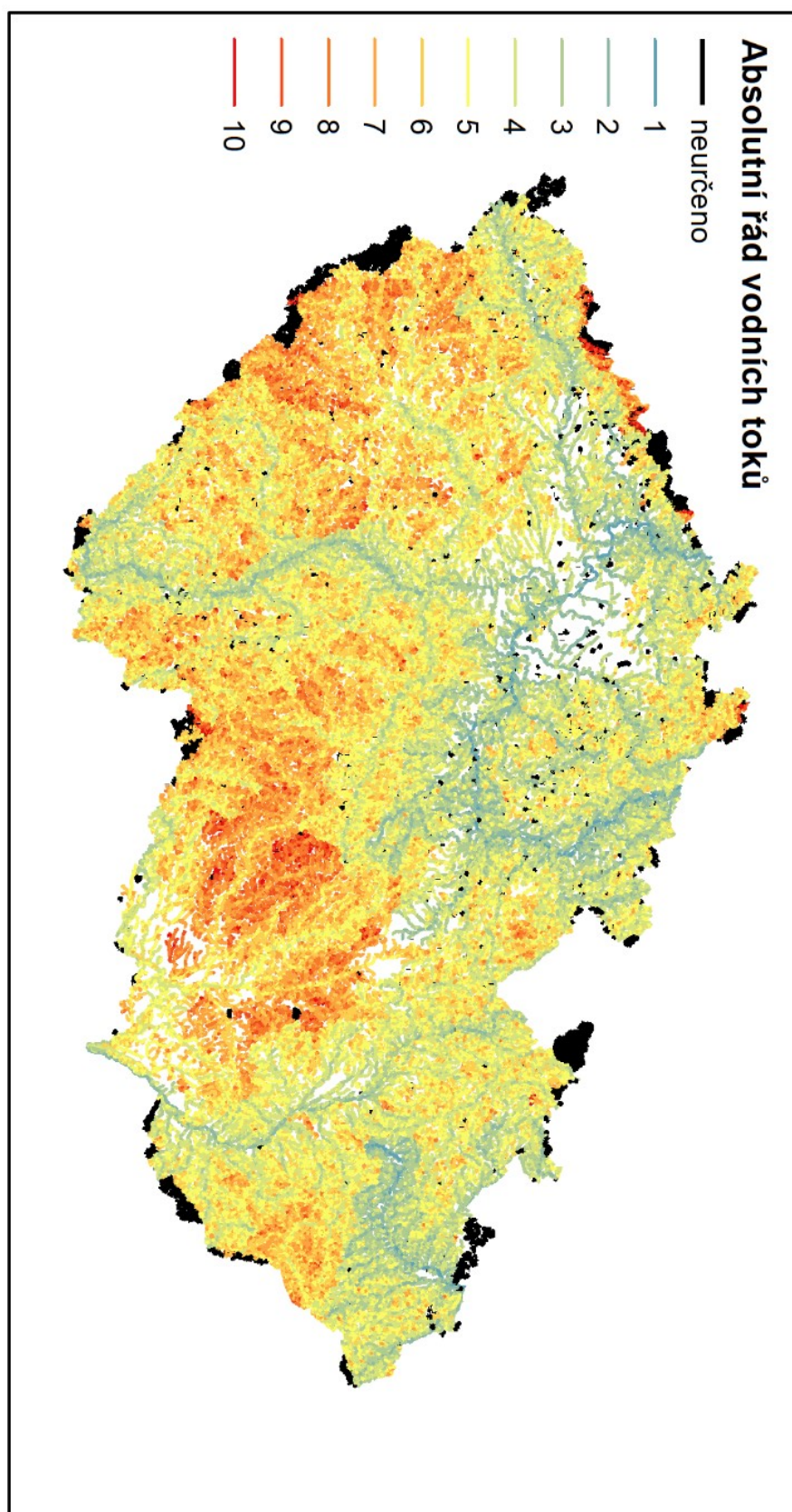
- Výskyt železnice: ANO
- Výskyt rozvodnice: ANO

Problémy patrné na první pohled:

- Mapa hypsometrie: na první pohled vhodné (možné problémy s vhodným ZIV – nelze odhadnout bez detailnější analýzy)
- Mapa povodí: vodní tok, který protéká přes celé území velmi krátký
- Mapa generalizace: zástavba přiměřeného rozsahu

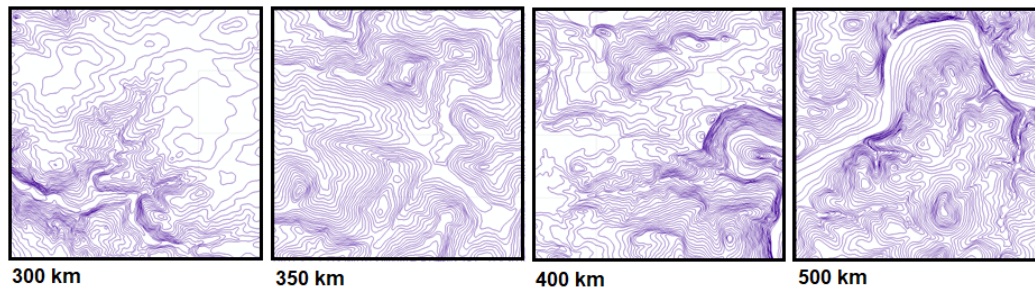
Příloha 6: Výsledky přípravy dat – absolutní řád vodních toků

Absolutní řádovost byla určena u 99,65 % délky vodních toků.

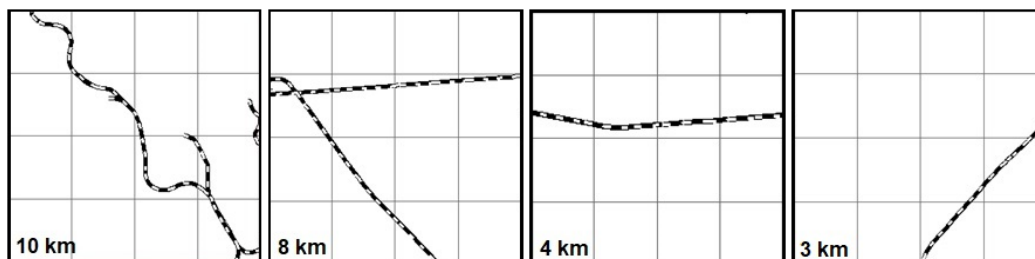


Příloha 7: Analýza kritérií s cílem určit limitní hodnoty pro převýběr území

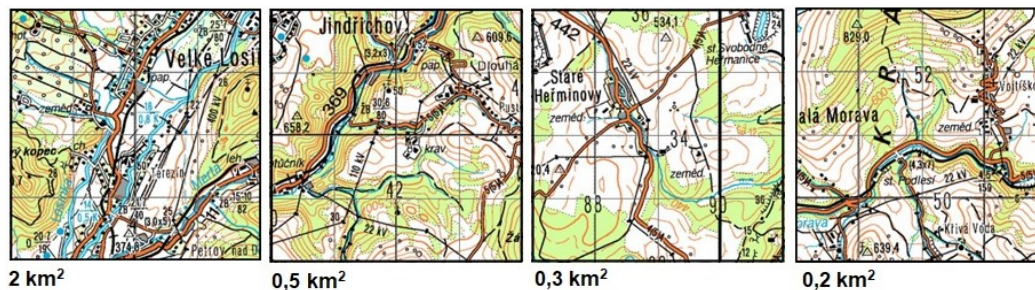
Délka vrstevnic



Délka železnice

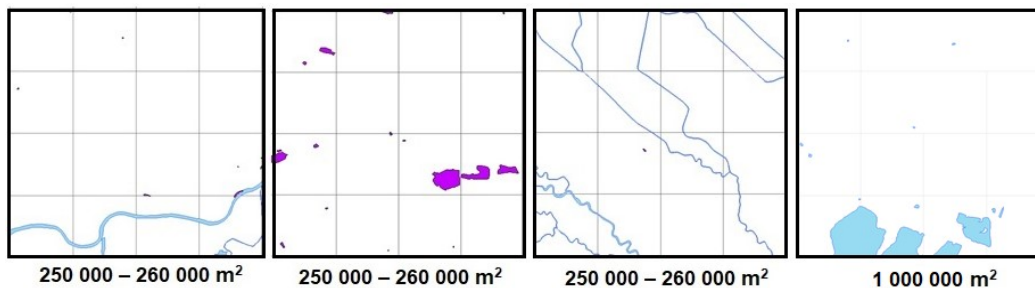


Výskyt zástavby



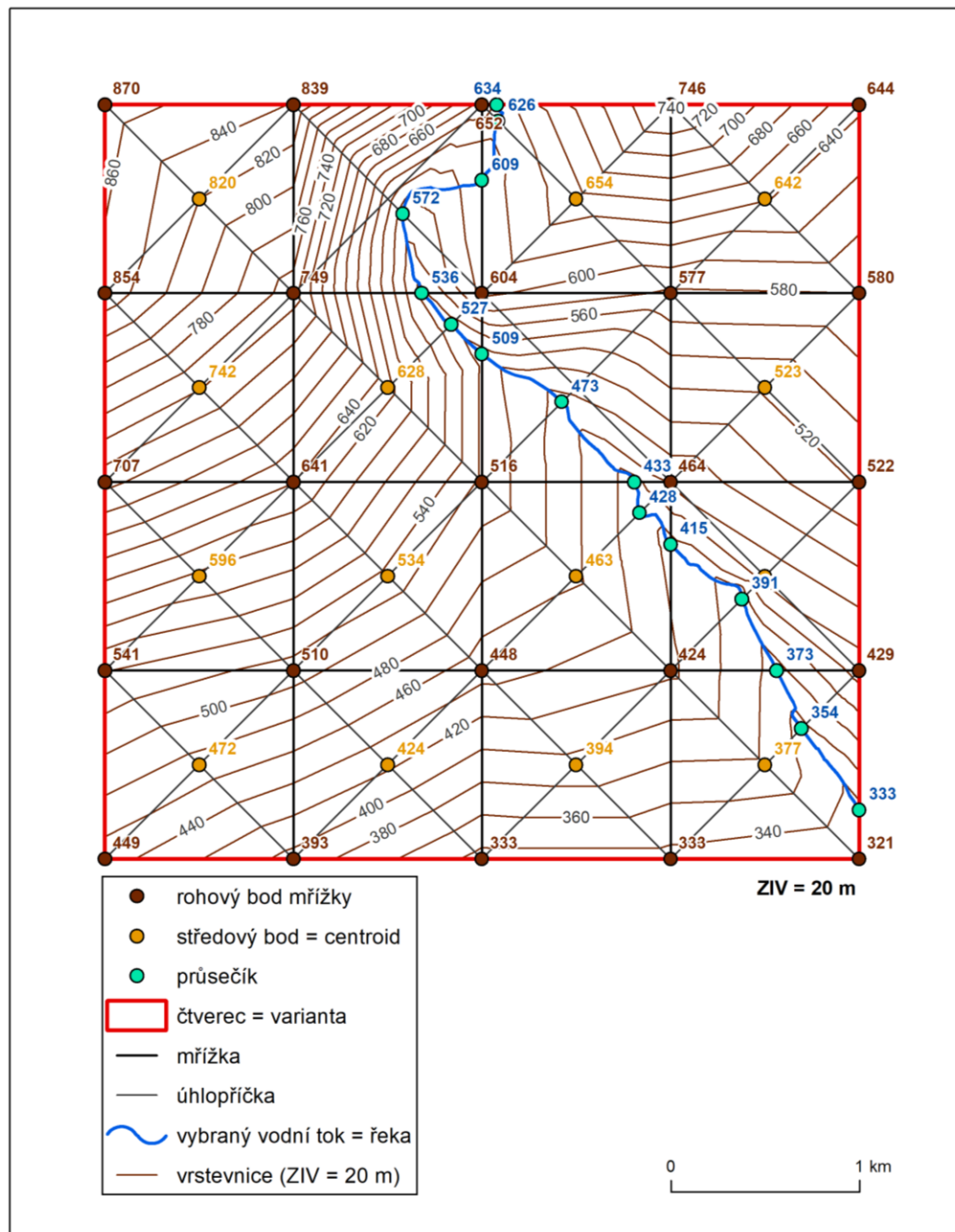
Rozloha vodních ploch DMÚ 25

Při generalizaci je vhodné mít v mapě vodní plochu s rozlohou min 0,5 cm² (při měřítku mapy 1 : 50 000 = 62 500 m²). Vodní nádrž fialově, vodní plocha modře:



Příloha 8: Výsledek nasimulované ruční práce u mapy hypsometrie

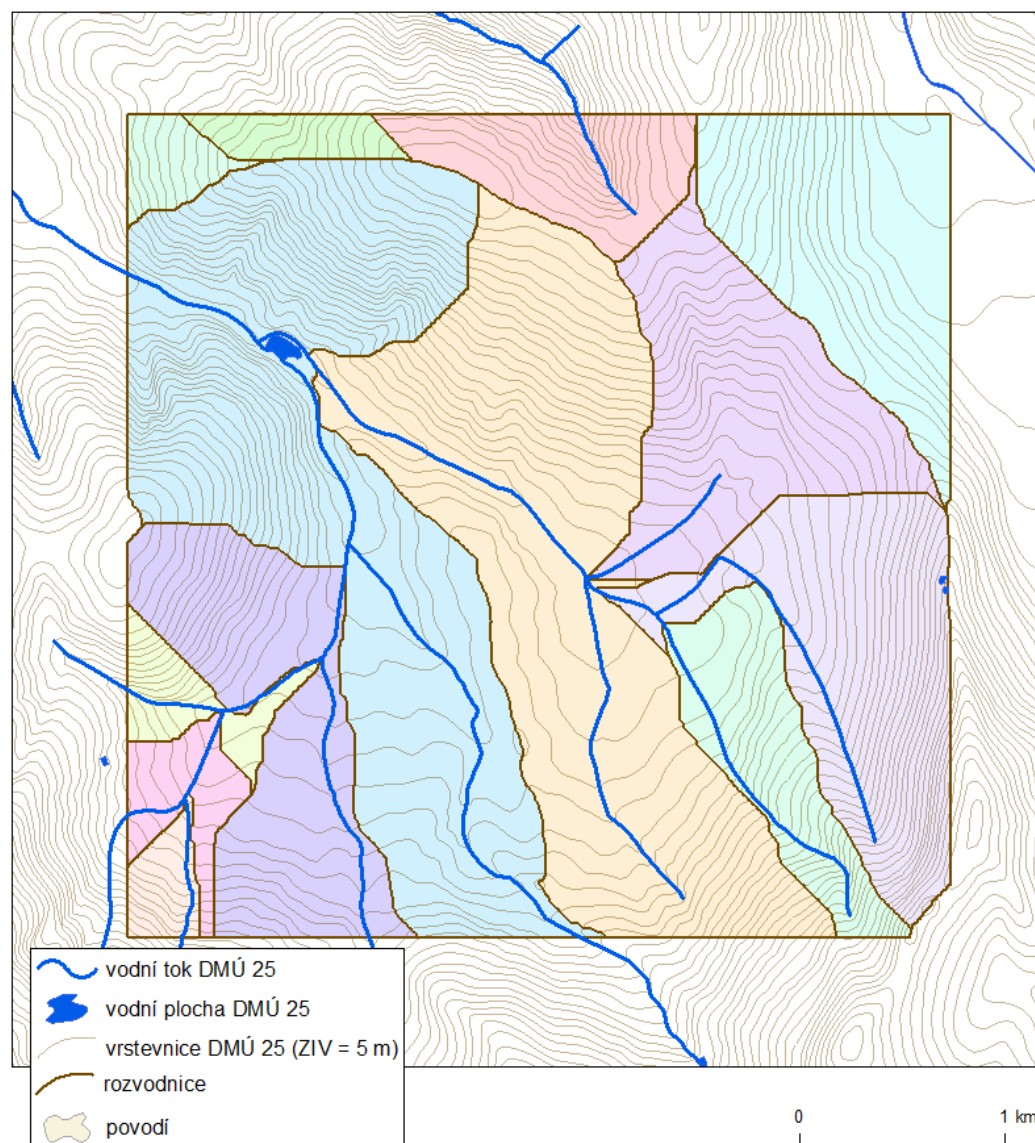
ID čtverce: 4225, ZIV = 20 m, Celkový počet vrstevnic = 33, Počet vrstevnic v dílčích čtvercích (od levého dolního rohu): 8, 9, 6, 5, 10, 10, 5, 8, 10, 12, 9, 5, 6, 15, 10, 9 = 137



Příloha 9: Výsledek nasimulované ruční práce u mapy povodí

Id čtverce: 19498, počet povodí = 13 (před vybráním těch s plochou $> 1 \text{ cm}^2 = 22$),

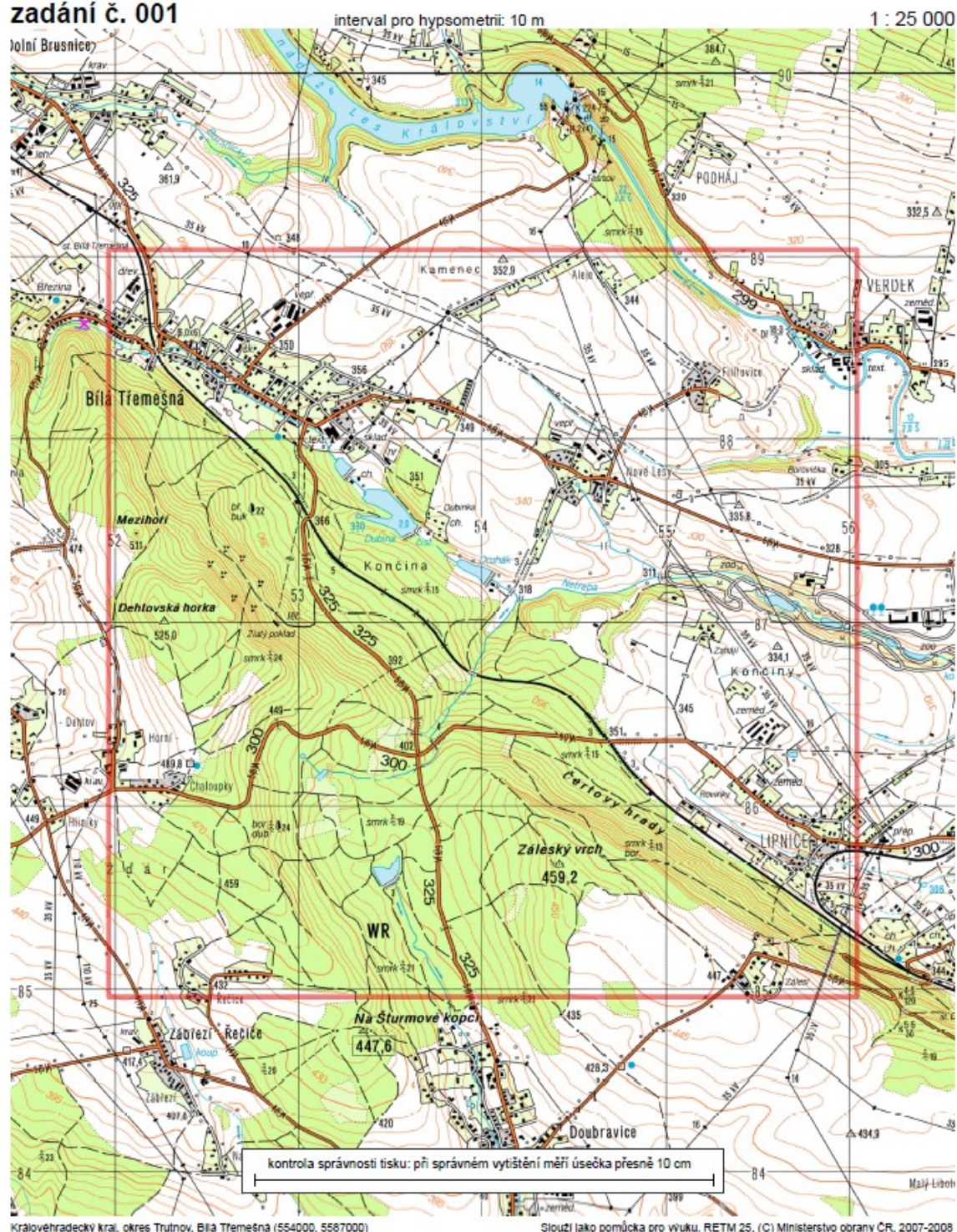
Délka vodních toků DIBAVOD = 17,9 km



Příloha 10: Ukázka nově vytvořeného zadání

Měřítko neodpovídá

zadání č. 001



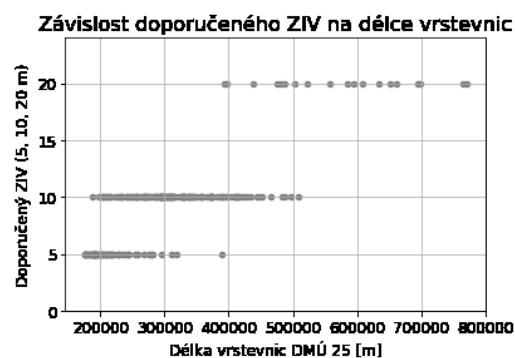
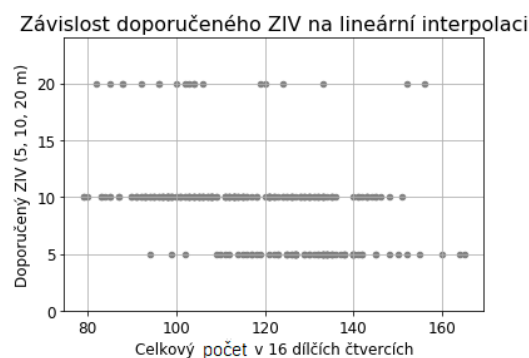
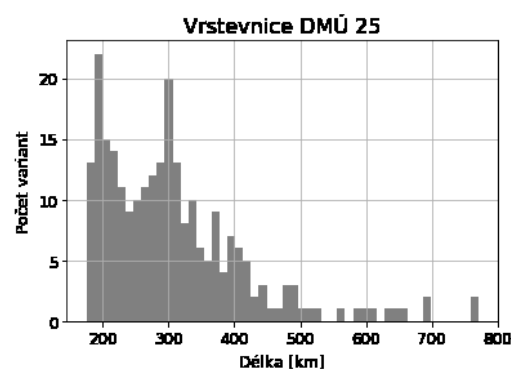
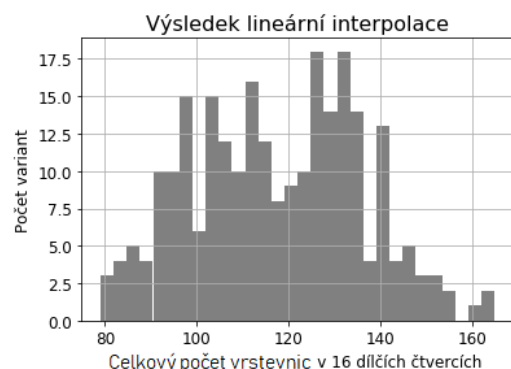
Královéhradecký kraj, okres Trutnov, Bílá Třemešná (554000, 5587000)

Slouží jako pomůcka pro výuku. RETM 25, (C) Ministerstvo obrany ČR, 2007-2008

Příloha 11: Analýza 250 nejvhodnějších variant

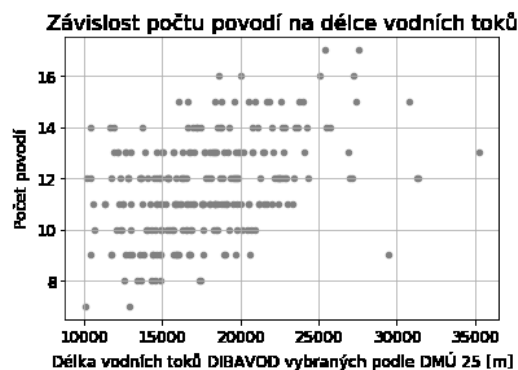
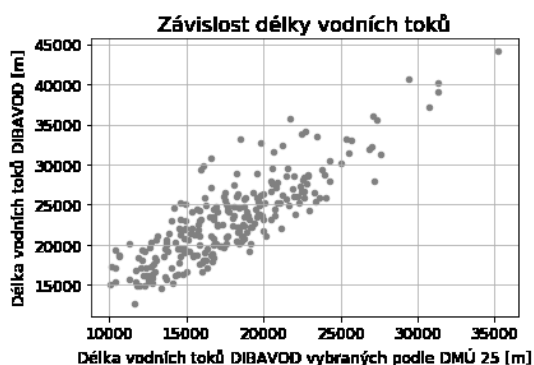
Mapa hypsometrie

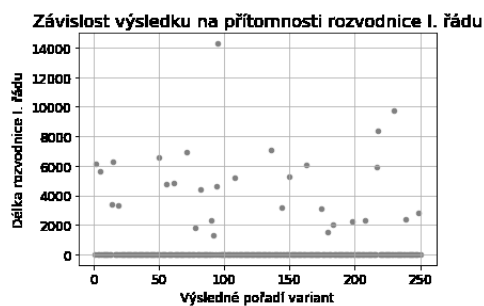
	sum16	pocet_hypso_vrstevnic	vrstevnice_delka	pocet_pruseciku	nejlepsi_podil_ploch	relief_rozloha	vhodny_ziv
count	250.000000	250.000000	250.000000	250.000000	250.000000	250.000000	250.000000
mean	117.452000	31.58400	306847.230120	18.500000	1.672600	7935.508720	9.320000
std	18.466938	6.76298	111007.687878	4.056083	0.536893	13631.113566	3.794098
min	79.000000	19.00000	175012.040000	13.000000	1.000000	0.000000	5.000000
25%	103.000000	27.00000	217763.945000	15.000000	1.212500	0.000000	5.000000
50%	117.500000	30.50000	292574.000000	18.000000	1.535000	473.620000	10.000000
75%	132.000000	36.00000	354814.847500	21.000000	2.057500	10056.780000	10.000000
max	165.000000	61.00000	770717.860000	35.000000	2.930000	57944.630000	20.000000



Mapa povodí

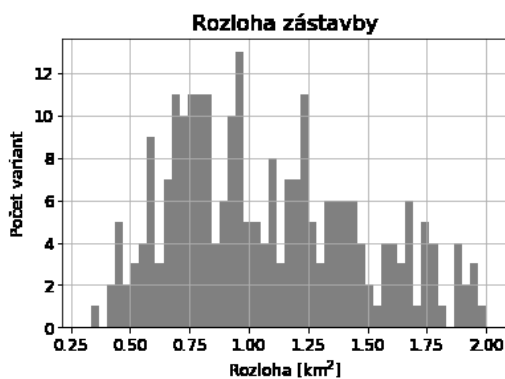
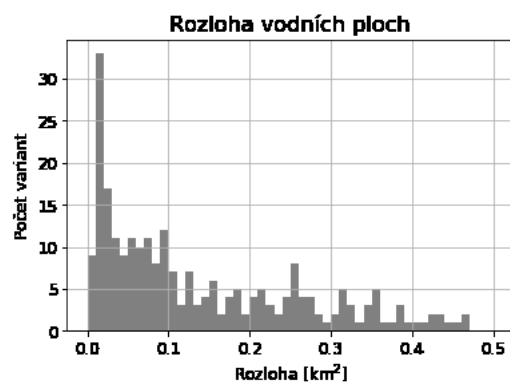
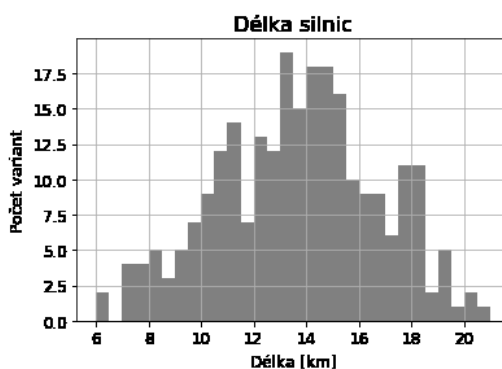
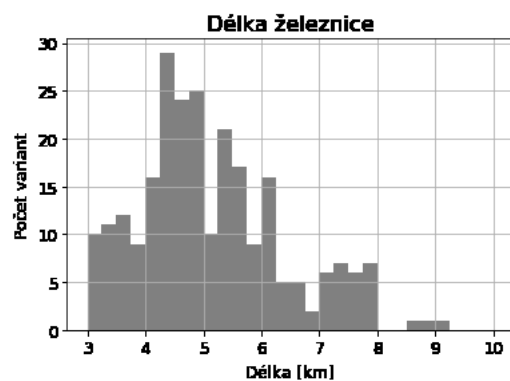
	pocet_povodi	pocet_povodi_vse	pocet_radu	rozvodnicel_delka	rozvodnicell_delka	vodni_plohy_rozloha	vodni_nadrz_rozloha	dibA02_delka	dibA02_vyber_delka	pocet_vynechani
count	250.000000	250.000000	250.000000	250.000000	250.000000	250.000000	250.000000	250.000000	250.000000	250.000000
mean	11.668000	21.468000	3.228000	575.451840	2853.929640	144599.574200	107108.46076	23190.996720	17784.749080	0.080000
std	1.938247	8.200853	0.601217	1829.305474	1628.876263	133126.462953	121047.18754	5297.477205	4314.752594	0.313037
min	7.000000	9.000000	2.000000	0.000000	505.670000	1761.410000	1117.84000	12696.950000	10049.820000	0.000000
25%	10.000000	16.000000	3.000000	0.000000	1422.640000	34305.152500	16686.77000	19368.010000	14671.660000	0.000000
50%	12.000000	20.000000	3.000000	0.000000	2659.505000	97442.620000	52933.52000	22604.625000	17394.325000	0.000000
75%	13.000000	25.000000	4.000000	0.000000	4001.915000	237545.895000	171422.94500	25983.827500	20142.180000	0.000000
max	17.000000	61.000000	5.000000	14271.580000	7816.910000	583949.370000	537555.39000	44094.840000	35264.120000	2.000000



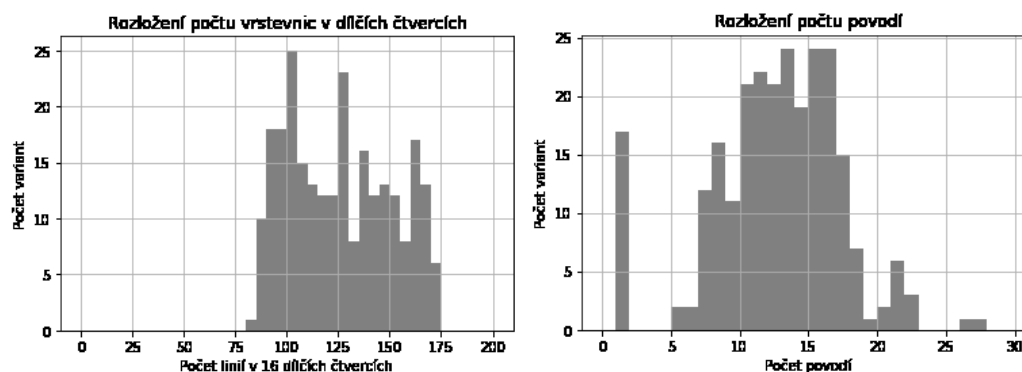


Mapa generalizace

	zeleznice_delka	vodni_plohy_rozloha	vodni_nadrz_rozloha	silnice_delka	zastavba_rozloha	zastavba_povrch_rozloha
count	250.000000	250.000000	250.000000	250.000000	2.500000e+02	250.000000
mean	5141.631560	144599.574200	107108.46076	13678.998360	1.074570e+06	110.462800
std	1260.221783	133126.462953	121047.18754	3062.577491	3.919450e+05	1746.570224
min	3016.860000	1761.410000	1117.840000	6169.110000	3.550912e+05	0.000000
25%	4297.187500	34305.152500	16686.770000	11416.550000	7.603488e+05	0.000000
50%	4892.940000	97442.620000	52933.520000	13752.565000	9.966276e+05	0.000000
75%	5922.760000	237545.895000	171422.945000	15813.852500	1.360069e+06	0.000000
max	9091.920000	583949.370000	537555.390000	20863.090000	1.990292e+06	27615.700000



Příloha 12: Analýza současného souboru zadání



* = hodnoty zjištěné na základě analýzy vybraného hlavního vodního toku.

Číslo zadání	Souřadnice X (centroid)	Souřadnice Y (centroid)	Překryv s nově vybranými variantami [%]	Doporučený interval ZIV	Analýzou zjištěný vhodný ZIV*	Počet vrstevnic při analýze zjištěném vhodném ZIV*	Počet povodí	Počet řádů vodních toků	Nejvyšší řád v území	Nejnižší řád v území	Počet vynechání v řádovosti
1	550000	5593000	37,5	10	10	142	7	2	1	3	1
2	550000	5600000	0	5	20	89	13	2	1	3	1
3	362000	5493000	0	5	10	107	9	4	4	7	0
4	552000	5493000	0	5	10	112	11	4	3	6	0
5	552000	5508000	0	5	10	104	14	4	2	5	0
6	554000	5598000	0	5	10	126	1	3	1	4	1
7	555000	5587000	75	10	10	104	8	3	1	4	1
8	556000	5461000	0	5	10	113	12	3	5	7	0
9	556000	5506000	87,5	5	10	85	15	4	2	5	0
10	557000	5490000	0	5	10	130	13	3	3	5	0
11	559000	5606000	37,5	10	10	163	18	4	2	5	0
12	560000	5453000	0	5	10	92	1	3	5	7	0
13	364000	5581000	0	20	20	165	10	4	2	5	0
14	560000	5585000	75	5	10	103	14	2	1	3	1
15	560000	5600000	0	5	10	92	7	4	2	5	0
16	562000	5512000	0	5	5	166	15	4	2	5	0
17	567000	5605000	0	10	10	134	10	3	3	5	0
18	569000	5519000	0	5	5	120	11	4	4	7	0
19	571000	5452000	0	5	10	108	11	3	5	7	0
20	572000	5597000	0	5	20	91	12	4	2	5	0
21	575000	5592000	0	10	10	165	10	3	2	4	0
22	365000	5464000	0	5	5	129	16	4	5	8	0
23	576000	5537000	0	5	5	86	11	4	2	5	0
24	576000	5585000	6,25	5	5	170	11	3	2	4	0
25	582000	5453000	0	5	5	132	8	3	6	8	0

Číslo zadání	Souřadnice X (centroid)	Souřadnice Y (centroid)	Překryv s nově vybranými variantami [%]	Doporučený interval ZIV	Analýzou zjištěný vhodný ZIV*	Počet vrstevnic při analýzou zjištěném vhodném ZIV*	Počet povodí	Počet řádů vodních toků	Nejvyšší řád v území	Nejnižší řád v území	Počet vynechání v řádovosti
26	365000	5509000	0	5	5	113	10	4	5	8	0
27	310000	5558000	0	5	5	88	13	4	4	7	0
28	584000	5593000	37,5	10	10	150	11	4	2	5	0
29	585000	5555000	50	5	5	137	14	3	4	6	0
30	587000	5540000	0	5	5	137	12	5	3	7	0
31	589000	5451000	0	5	5	168	1	3	7	9	0
32	589000	5609000	0	5	5	168	15	4	3	6	0
33	591000	5550000	0	10	10	129	14	5	3	7	0
34	592000	5479000	0	10	20	133	15	2	5	6	0
35	592000	5526000	0	5	5	161	13	4	2	5	0
36	594000	5468000	0	10	20	98	11	5	5	9	0
37	597000	5554000	0	10	20	92	16	3	4	6	0
38	602000	5539000	0	10	10	160	14	4	3	6	0
39	605000	5543000	25	5	10	100	13	4	3	6	0
40	612000	5493000	0	10	20	102	8	3	5	7	0
41	614000	5488000	0	10	20	90	16	4	5	8	0
42	616000	5483000	0	5	10	96	8	4	5	8	0
43	618000	5477000	0	10	10	126	12	3	5	7	0
44	619000	5473000	0	10	10	124	17	4	5	8	0
45	624000	5549000	50	5	5	99	15	4	3	6	0
46	626000	5505000	0	10	10	106	10	3	4	6	0
47	626000	5509000	0	10	20	97	13	3	3	5	0
48	632000	5526000	75	10	20	108	12	4	3	6	0
49	634000	5536000	0	10	20	100	13	4	2	5	0
50	638000	5522000	0	5	5	83	15	5	2	6	0
51	639000	5532000	75	5	5	145	14	5	2	6	0
52	639000	5554000	0	10	20	96	14	4	3	6	0
53	647000	5544000	0	10	10	129	14	4	3	6	0
54	649000	5575000	0	10	10	101	14	3	3	5	0
55	662000	5572000	0	10	10	170	16	3	3	5	0
56	666000	5534000	100	5	10	125	13	4	3	6	0
57	667000	5457000	0	5	5	172	1	4	3	6	0
58	672000	5498000	0	5	10	109	11	3	3	5	0
59	684000	5546000	0	10	20	97	6	3	2	4	0
60	689000	5468000	0	10	10	125	1	3	4	6	0
61	689000	5568000	0	5	5	144	12	3	2	4	0
62	690000	5436000	0	5	10	129	12	3	3	5	0
63	690000	5489000	100	10	10	103	10	3	3	5	0
64	370000	5467000	0	5	5	121	22	4	5	8	0

Číslo zadání	Souřadnice X (centroid)	Souřadnice Y (centroid)	Překryv s nově vybranými variantami [%]	Doporučený interval ZIV	Analýzou zjištěný vhodný ZIV*	Počet vrstevnic při analýzou zjištěném vhodném ZIV*	Počet povodí	Počet řádů vodních toků	Nejvyšší řád v území	Nejnižší řád v území	Počet vynechání v řádovosti
65	697000	5530000	0	10	10	128	1	3	4	6	0
66	698000	5456000	0	10	10	156	9	3	3	5	0
67	700000	5480000	18,75	5	5	154	16	6	3	8	0
68	700000	5490000	18,75	5	10	112	13	4	3	6	0
69	702000	5455000	0	10	10	137	19	4	3	6	0
70	702000	5531000	0	5	5	132	14	4	4	7	0
71	704000	5490000	75	5	5	148	11	4	3	6	0
72	710000	5487000	0	5	10	89	13	5	3	7	0
73	372000	5472000	0	5	5	138	17	4	5	8	0
74	376000	5484000	25	10	10	128	9	3	5	7	0
75	323000	5555000	0	5	5	163	16	3	2	4	0
76	377000	5514000	0	5	5	123	7	3	4	6	0
77	378000	5490000	25	5	5	138	15	4	5	8	0
78	378000	5574000	0	10	5	125	15	4	3	6	0
79	382000	5534000	0	10	10	167	10	4	4	7	0
80	383000	5540000	0	10	10	124	15	3	5	7	0
81	386000	5461000	0	10	10	140	22	3	4	6	0
82	387000	5515000	0	5	10	127	1	3	3	5	0
83	391000	5459000	0	5	5	164	13	3	4	6	0
84	392000	5505000	0	10	10	132	8	4	4	7	0
85	392000	5518000	0	5	10	113	8	3	3	5	0
86	395000	5494000	0	5	10	104	11	4	4	7	0
87	397000	5457000	0	10	10	164	9	3	3	5	0
88	398000	5485000	0	10	10	94	15	4	4	7	0
89	399000	5476000	0	5	10	98	10	3	5	7	0
90	400000	5522000	12,5	5	5	165	10	2	4	5	0
91	404000	5464000	0	5	5	149	21	5	3	7	0
92	410000	5479000	56,25	5	5	148	10	4	4	7	0
93	410000	5516000	75	5	5	124	10	4	4	7	0
94	413000	5440000	0	10	10	168	9	3	4	6	0
95	416000	5457000	93,75	10	5	127	13	4	3	6	0
96	418000	5477000	0	5	5	96	14	3	4	6	0
97	418000	5544000	100	10	20	119	1	4	3	6	0
98	419000	5446000	75	10	10	141	14	3	4	6	0
99	421000	5483000	0	5	5	111	16	3	5	7	0
100	421000	5488000	0	5	5	128	10	4	6	9	0
101	421000	5494000	0	5	5	119	12	3	5	7	0
102	422000	5462000	37,5	5	5	140	13	3	4	6	0
103	423000	5457000	12,5	10	10	92	13	3	3	5	0

Číslo zadání	Souřadnice X (centroid)	Souřadnice Y (centroid)	Překryv s nově vybranými variantami [%]	Doporučený interval ZIV	Analýzou zjištěný vhodný ZIV*	Počet vrstevnic při analýzou zjištěném vhodném ZIV*	Počet povodí	Počet řádů vodních toků	Nejvyšší řád v území	Nejnižší řád v území	Počet vynechání v řádovosti
104	298000	5575000	0	5	5	148	17	3	4	6	0
105	425000	5516000	0	10	10	159	13	4	4	7	0
106	427000	5496000	0	5	5	97	12	4	6	9	0
107	427000	5607000	0	10	20	101	6	3	2	4	0
108	428000	5508000	18,75	5	10	93	15	3	4	6	0
109	429000	5539000	75	10	20	100	11	3	3	5	0
110	431000	5520000	0	5	5	117	17	3	5	7	0
111	432000	5438000	0	5	10	100	11	3	4	6	0
112	329000	5519000	0	5	10	100	22	5	4	8	0
113	433000	5480000	0	5	5	117	15	3	5	7	0
114	329000	5540000	75	10	5	148	16	3	5	7	0
115	436000	5476000	18,75	5	5	163	16	4	4	7	0
116	439000	5466000	0	10	10	116	9	3	3	5	0
117	442000	5434000	0	5	5	134	21	4	3	6	0
118	443000	5451000	0	5	5	128	11	3	4	6	0
119	447000	5623000	0	20	20	158	15	3	2	4	0
120	450000	5416000	0	20	10	138	12	3	3	5	0
121	450000	5620000	0	20	20	135	15	4	2	5	0
122	305000	5559000	0	5	5	145	18	4	3	6	0
123	453000	5410000	0	10	10	154	15	3	2	4	0
124	455000	5626000	18,75	10	10	94	15	4	2	5	0
125	457000	5414000	37,5	10	5	118	15	4	3	6	0
126	457000	5618000	0	10	20	99	11	3	2	4	0
127	460000	5391000	0	5	5	165	15	4	3	6	0
128	461000	5650000	0	5	5	164	17	4	4	7	0
129	463000	5419000	0	5	10	87	8	3	3	5	0
130	463000	5462000	0	5	10	114	1	3	3	5	0
131	463000	5524000	56,25	10	20	97	11	3	3	5	0
132	464000	5501000	0	5	10	96	15	3	3	5	0
133	337000	5578000	0	20	20	115	8	3	3	5	0
134	465000	5641000	0	5	10	113	21	5	2	6	0
135	466000	5618000	0	5	5	109	16	3	3	5	0
136	469000	5520000	0	5	10	113	14	4	3	6	0
137	471000	5415000	0	5	5	162	17	4	4	7	0
138	471000	5636000	50	20	20	106	13	4	4	7	0
139	472000	5496000	50	10	10	107	16	4	3	6	0
140	339000	5504000	0	5	5	123	17	3	5	7	0
141	473000	5501000	100	10	10	124	12	3	4	6	0
142	474000	5479000	0	5	5	113	14	4	4	7	0

Číslo zadání	Souřadnice X (centroid)	Souřadnice Y (centroid)	Překryv s nově vybranými variantami [%]	Doporučený interval ZIV	Analýzou zjištěný vhodný ZIV*	Počet vrstevnic při analýzou zjištěném vhodném ZIV*	Počet povodí	Počet řádů vodních toků	Nejvyšší řád v území	Nejnižší řád v území	Počet vynechání v řádovosti
143	474000	5485000	37,5	5	5	148	16	3	4	6	0
144	340000	5487000	0	5	5	151	16	3	5	7	0
145	343000	5482000	0	5	5	125	16	3	5	7	0
146	477000	5507000	0	10	10	111	14	3	4	6	0
147	477000	5519000	0	5	10	127	16	3	3	5	0
148	478000	5458000	0	5	5	123	10	4	3	6	0
149	343000	5571000	56,25	5	10	93	1	4	3	6	0
150	481000	5525000	0	10	20	89	13	3	3	5	0
151	482000	5622000	0	5	5	142	16	4	3	6	0
152	485000	5510000	0	5	10	90	15	4	5	8	0
153	489000	5505000	0	5	10	97	8	4	4	7	0
154	489000	5526000	0	10	20	100	14	4	3	6	0
155	495000	5516000	0	10	20	99	12	4	3	6	0
156	497000	5474000	100	5	5	127	12	4	6	9	0
157	497000	5626000	0	20	20	171	17	4	3	6	0
158	498000	5468000	0	5	10	93	15	3	4	6	0
159	576000	5477000	12,5	5	5	102	12	3	6	8	0
160	390000	5536000	0	5	5	97	8	4	5	8	0
161	511000	5615000	0	10	10	162	1	3	3	5	0
162	403000	5550000	0	5	5	115	9	4	4	7	0
163	528000	5517000	0	5	5	103	14	3	3	5	0
164	443000	5469000	0	5	5	101	16	3	3	5	0
165	654000	5581000	0	5	5	143	10	3	3	5	0
166	442000	5404000	0	10	10	145	10	3	3	5	0
167	614000	5542000	0	10	10	115	13	4	3	6	0
168	502000	5505000	75	10	10	114	11	5	4	9	1
169	502000	5649000	0	5	5	170	10	3	4	6	0
170	709000	5436000	6,25	10	20	94	17	3	3	5	0
171	544000	5498000	0	5	5	142	18	3	4	6	0
172	350000	5545000	0	5	5	144	15	3	4	6	0
173	535000	5444000	0	5	5	150	11	3	4	6	0
174	712000	5508000	0	5	5	123	12	3	2	4	0
175	467000	5629000	0	10	10	162	16	3	2	4	0
176	545000	5502000	12,5	5	5	162	17	4	4	7	0
177	460000	5475000	0	5	5	147	16	4	4	7	0
178	618000	5465000	0	10	20	104	16	4	5	8	0
179	691000	5519000	93,75	5	10	100	1	4	2	5	0
180	355000	5480000	0	5	5	167	18	4	5	8	0
181	395000	5568000	0	5	10	145	5	3	3	5	0

Číslo zadání	Souřadnice X (centroid)	Souřadnice Y (centroid)	Překryv s nově vybranými variantami [%]	Doporučený interval ZIV	Analýzou zjištěný vhodný ZIV*	Počet vrstevnic při analýzou zjištěném vhodném ZIV*	Počet povodí	Počet řádů vodních toků	Nejvyšší řád v území	Nejnižší řád v území	Počet vynechání v řádovosti
182	436000	5568000	0	5	5	131	7	3	3	5	0
183	535000	5602000	0	5	5	167	13	3	4	6	0
184	714000	5474000	0	10	20	99	16	4	4	7	0
185	622000	5524000	0	5	10	116	8	3	3	5	0
186	626000	5542000	37,5	10	20	103	21	3	4	6	0
187	438000	5582000	0	5	10	92	8	3	3	5	0
188	410000	5559000	0	5	5	138	12	4	5	8	0
189	318000	5545000	0	5	5	138	8	3	4	6	0
190	598000	5440000	0	5	10	99	5	3	5	7	0
191	399000	5544000	0	5	5	136	16	2	5	6	0
192	654000	5446000	100	5	10	108	8	3	4	6	0
193	636000	5541000	0	10	20	126	12	4	2	5	0
194	491000	5631000	0	10	10	148	17	3	3	5	0
195	540000	5585000	0	5	5	162	11	3	3	5	0
196	600000	5449000	75	5	10	100	7	2	5	6	0
197	368000	5458000	0	20	20	124	14	3	6	8	0
198	566000	5610000	0	10	10	166	18	4	3	6	0
199	706000	5480000	0	10	10	136	21	4	4	7	0
200	337000	5521000	0	5	5	152	9	4	4	7	0
201	395000	5501000	0	5	10	106	13	4	4	7	0
202	567000	5524000	0	5	10	103	10	3	4	6	0
203	504000	5610000	0	5	10	163	8	2	3	4	0
204	411000	5574000	0	5	5	155	8	2	3	4	0
205	692000	5534000	37,5	5	10	98	11	4	4	7	0
206	408000	5594000	12,5	5	10	126	7	3	2	4	0
207	444000	5610000	0	10	20	129	15	3	2	4	0
208	456000	5650000	0	5	10	113	20	4	3	6	0
209	345000	5543000	0	5	10	102	21	4	3	6	0
210	440000	5526000	25	10	10	139	14	3	4	6	0
211	353000	5526000	0	5	5	158	10	3	6	8	0
212	648000	5495000	0	5	10	143	11	3	4	6	0
213	522000	5610000	0	10	20	160	18	4	2	5	0
214	640000	5446000	0	5	10	86	7	3	5	7	0
215	513000	5637000	0	10	10	171	20	4	4	7	0
216	679000	5419000	0	5	10	105	12	3	3	5	0
217	601000	5469000	0	10	20	154	7	3	4	6	0
218	449000	5469000	0	5	10	85	13	3	2	4	0
219	384000	5568000	0	5	5	114	7	3	4	6	0
220	703000	5507000	0	10	20	115	1	3	1	4	1

Číslo zadání	Souřadnice X (centroid)	Souřadnice Y (centroid)	Překryv s nově vybranými variantami [%]	Doporučený interval ZIV	Analýzou zjištěný vhodný ZIV*	Počet vrstevnic při analýzou zjištěném vhodném ZIV*	Počet povodí	Počet řádů vodních toků	Nejvyšší řád v území	Nejnižší řád v území	Počet vynechání v řádovosti
221	577000	5470000	0	5	5	153	16	4	7	10	0
222	451000	5531000	0	10	20	93	1	2	3	4	0
223	697000	5440000	0	5	10	149	17	5	4	8	0
224	530000	5602000	0	5	20	87	10	3	3	5	0
225	674000	5552000	0	10	20	139	12	3	2	4	0
226	686000	5435000	56,25	5	10	151	11	2	3	4	0
227	671000	5546000	75	5	10	93	1	4	4	7	0
228	324000	5544000	0	5	10	107	17	4	4	7	0
229	316000	5571000	0	5	10	125	13	3	4	6	0
230	574000	5490000	100	5	10	91	1	4	4	8	1
231	409000	5568000	18,75	5	10	142	7	3	3	5	0
232	300000	5570000	0	5	10	151	8	3	3	5	0
233	653000	5436000	0	5	10	135	12	4	4	7	0
234	454000	5604000	0	5	10	115	9	3	2	4	0
235	648000	5435000	0	5	5	158	9	4	4	7	0
236	715000	5439000	25	5	10	163	15	5	3	7	0
237	707000	5529000	56,25	5	10	128	11	4	3	6	0
238	398000	5551000	25	5	5	169	11	3	4	6	0
239	362000	5468000	75	5	10	136	17	3	7	9	0
240	504000	5632000	0	5	10	144	26	4	4	7	0
241	577000	5512000	0	5	10	103	16	4	5	8	0
242	446000	5600000	0	5	5	163	12	3	2	4	0
243	545000	5531000	37,5	5	10	92	10	2	2	3	0
244	344000	5556000	62,5	5	10	153	13	3	3	5	0
245	457000	5610000	0	5	10	150	9	2	4	5	0
246	679000	5542000	0	5	10	137	7	3	3	5	0
247	644000	5507000	0	5	10	124	13	4	3	6	0
248	687000	5549000	0	5	20	101	10	4	2	5	0
249	378000	5462000	0	5	20	107	18	3	6	8	0
250	711000	5483000	0	5	10	156	27	3	4	6	0
251	420000	5605000	0	5	10	155	7	3	2	4	0
252	638000	5559000	0	5	20	107	17	3	3	5	0
253	663000	5514000	0	5	10	107	7	3	5	7	0

Příloha 13: Použité skripty

NÁZEV PYTHON SKRIPTU	VÝZNAM	VOLANÉ FUNKCE/SKRIPTY
config.py	Konfigurační soubor s nastavení cesty k datům a parametrů pro výpočty.	---
1_predvyber_zaklad.py	Výpočet základních kritérií pro předvýběr území na základě aspirační úrovně	skript fce_predvyber.py funkce zakladni_kriteria
2_radovost_toku.py	Určení počtu řádů vodních toků v území (podle vytvořené absolutní řádovosti vodních toků DIBAVOD)	skript fce_povodi.py funkce radovost_vodnich_toku
3_predvyber_vodni_toky.py	Výběr hlavního vodního toku	skript fce_predvyber.py funkce vyber_vodni_tok
4_hypsometrie.py	Generuje vrstevnice vzniklé lineární interpolací a počítá jejich počet v 16 dílčích čtvercích	skript fce_hypsometrie funkce linearni_interpolace
5_pocet_povodi.py	Tvoří polygony povodí, rozvodnice, počítá počet povodí, délku rozvodnic, délku řek vstupujících do výpočtů.	skript fce_povodi.py funkce tvorba_povodi
6_tvorba_mxd.py	Tvorba podkladových dat a dílčího mxd souboru.	---
7_export_mapy.py	Export PDF souboru na základě dílčího mxd.	---
8_podklady_pro_hodnoceni.py	Tvorba podkaldů pro hodnocení: uložení vrstevnic pro určený ZIV a uložení vymezených povodí do geodatabáze s výsledky	skript fce_hypsometrie funkce ulozeni_vrstevnic skript fce_povodi.py funkce ulozeni_povodi
NÁZEV SKRIPTU PRO JUPYTER NOTEBOOK	FUNKCE	
0_predvyber_cela_republika.ipynb	Předvýběr území na základě aspiračních úrovní	---
1_hypsometrie_analyza.ipynb	Vyřazení nevhodných variant a určení doporučeného ZIV.	---
2_pocet_povodi_analyza.ipynb	Vyřazení nevhodných variant a určení řádů vodních toků.	---
3_spojzeni_hypso_povodi_generalizace.ipynb	Aplikace limitních hodnot.	---

Příloha 14: Obsah CD

Na přiloženém CD se nacházejí tyto složky a soubory:

StrukturaAdresaru.pdf = popis struktury adresářů na CD

FenclovaKarolina_DiplomovaPrace.pdf = elektronická verze textu práce

Hodnoceni_uzemi_TOPSIS.xlsx = dokument pro výpočet multikriteriální analýzy

/skripty_python/

```
config.py
1_predvyber_zaklad.py
2_radovost_toku.py
3_predvyber_vodni_toky.py
4_hypsometrie.py
5_pocet_povodi.py
6_tvorba_mxd.py
7_export_mapy.py
8_podklady_pro_hodnoceni.py
```

/skripty_pro_JupyterNotebook/

```
0_predvyber_cela_republika.ipynb
1_hypsometrie_analyza.ipynb
2_pocet_povodi_analyza.ipynb
3_spojeni_hypso_povodi_generalizace.ipynb
```

/data_o_uzemi/

```
data250_generalizace.csv
data250_hypsometrie.csv
data250_povodi.csv
data250_topsis_poradi.csv
zadani_250nej.shp
```